



Hochschule Magdeburg-Stendal
Fachbereich Ingenieurwissenschaften und Industriedesign (IWID)
Institut für Elektrotechnik

Bachelorarbeit

**zur Erlangung des Grades eines „Bachelor of Engineering“
im Studiengang Elektrotechnik**

Thema: Projektierung und Programmierung einer
Maschinensteuerung für eine 100t Exzenterpresse

Autor: Max Hofmann

geb. am: 01.02.1999

Matrikel-Nr.: 30005484

Ausgabetermin: 27.11.2023

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Marcel Benecke

Zweitprüfer: Dipl.-Ing. (FH) Mathias Jobs

Magdeburg, den 26.01.2024

Max Hofmann
Im Steingewände 26
39126 Magdeburg

Zerbst, den 13.06.2023

Thema der Bachelor-Arbeit:

Projektierung und Programmierung einer Maschinensteuerung für eine 100t Exzenterpresse

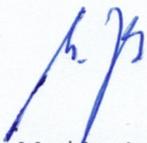
Inhalt:

Die Steuerungsauslegung muss entsprechend dem Gefährdungspotential der Presse erfolgen.

Im Projektierungsumfang sollten die Stromlaufpläne; Bestelllisten; der Schrankaufbau und eine Bedienanleitung der Maschinensteuerung beinhalten.

Das SPS-Programm der Pressensicherheitssteuerung muss in geeigneter Form dokumentiert werden.

Mit freundlichen Grüßen



Mathias Jobs

Ltr. Instandhaltung

Hofmann, Max

Hochschule Magdeburg – Stendal

Fachbereich Ingenieurwissenschaften und Industriedesign – Institut für Elektrotechnik

Abschlussarbeit-Nr.: 30005484

39 Seiten; 12 Abbildungen; 16 Tabellen; 7 Anlagen

In der vorliegenden Abschlussarbeit wird die funktionale Sicherheit einer Altmaschine untersucht. Dazu wird ein Bewertungsansatz nach DIN EN ISO 13849-1, welche Forderungen an sicherheitsbezogenen Teilen von Steuerungen stellt, herangezogen. Weiterhin werden die Grenzen dieses Bewertungsansatzes, hinsichtlich der qualitativen und quantitativen Bewertung, an Altmaschinen mit Verbindungsprogrammieren Steuerungen untersucht. Anschließend werden Varianten der Auslegung von sicherheitsbezogenen Teilen von Steuerungen, zum Schutz jeder Bedienperson, verglichen. In Anbetracht mehrerer Kriterien erfolgt eine Bewertung der Varianten, woraufhin für das zugrundeliegende Projekt eine Maschinensteuerung konzeptioniert wird. Anhand dessen erfolgt im Ergebnis die Berechnung und Ermittlung sicherheitstechnischer Kennwerte dimensionierter Sicherheitsfunktionen. Dazugehörig wird das entworfene Programm der Maschinensteuerung erläutert und auf Kernaspekte näher eingegangen.

This thesis analyses the functional safety of an old machine. For this purpose, an assessment approach according to DIN EN ISO 13849-1, which sets requirements for safety-related parts of control systems, is used. Furthermore, the limits of this evaluation approach, regarding qualitative and quantitative evaluation, are analysed on old machines with hard-wired control. Subsequently, variants of the design of safety-related parts of control systems for the protection of each operator are compared. The variants are evaluated based on several criteria, after which a machine control system is conceptualised for the underlying project. This is used to calculate and determine the safety-related characteristic values of dimensioned safety functions. In addition, the designed programme of the machine control system is explained, and core aspects are described in more detail.

Eigenständigkeitserklärung

für wissenschaftliche Arbeiten/Prüfungsleistungen an der Hochschule Magdeburg-Stendal

Hiermit bestätige ich, Max Hofmann 30005484, dass ich die vorliegende Arbeit mit dem Titel: „Bachelorarbeit, Projektierung und Programmierung einer Maschinensteuerung für eine 100t Exzenterpresse“ selbstständig und ohne die Hilfe anderer Personen angefertigt habe.

Ich habe nur die konkret angegebenen Quellen und Hilfsmittel und diese nur in der angegebenen Form verwendet.

Aus fremden Werken und Quellen entnommene Inhalte, wörtliche Zitate oder sinnge-
mäßige Inhalte, z.B. der Argumentation nach, und IT-/KI-generierte Inhalte habe ich an der
jeweiligen Stelle unter Angabe der konkreten Quellen gekennzeichnet. IT-/KI-generierte
Inhalte sind mit Citavi und Verweis auf die detaillierten Belege in der „Übersicht ver-
wendeter Hilfsmittel“ zu kennzeichnen.

Darüber hinaus bestätige ich, dass ich beim Einsatz von IT-/KI-gestützten Werkzeugen
diese Hilfsmittel in der „Übersicht verwendeter Hilfsmittel“ mit dem Nutzungsdatum,
dem Produktnamen, der Bezugsquelle (z. B. URL) und Angaben zu genutzten Funktionen
der Software sowie zum Nutzungsumfang vollständig aufgeführt habe. Ich habe die IT-
/KI-generierten Inhalte außerdem unter Beachtung der allgemeinen Grundsätze guter wis-
senschaftlicher Praxis geprüft.

Mir ist bewusst, dass bei dem Versuch, das Ergebnis einer Prüfungsleistung durch Täu-
schung oder Benutzung nicht zugelassener Hilfsmittel zu beeinflussen, die betreffende
Prüfungsleistung mit „nicht ausreichend“ / „nicht erfolgreich abgeschlossen“ zu bewerten
ist beziehungsweise die betreffende Prüfungsleistung als mit „nicht ausreichend“/“nicht
erfolgreich abgeschlossen“ bewertet gilt (Muster-SPO der Hochschule Magdeburg-Sten-
dal vom 23.03.2023 § 35 Abs. 3 Satz 1).

Ich bestätige ausdrücklich, dass diese Arbeit weder vollständig noch teilweise einer an-
deren Prüfungsbehörde vorgelegt oder veröffentlicht worden ist.

Ich stimme zu, dass die Arbeit in eine Datenbank zur Plagiats- bzw. Hilfsmittelnutzungs-
prüfung eingestellt und gespeichert wird.

Datum, eigenhändige Unterschrift

Inhalt

Formelzeichen und Abkürzungen	vii
Abbildungen	viii
Tabellen	ix
1. Einleitung	1
2. Stand der Technik	3
2.1. Funktionale Sicherheit	3
2.2. Gesetzgebung	3
2.3. Risikobeurteilung und Risikominderung	4
2.4. Pressensteuerungen	4
2.5. Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen	5
3. Theoretische Grundlagen	6
4. Analyse und Bewertung	10
4.1. Analyse der Sicherheitsfunktionen	12
4.1.1. Not-Halt-Vorrichtung	12
4.1.2. Kraftbetätigte Schutztüren	13
4.1.3. Kraftbetätigte Schutzabschirmung	14
4.1.4. Zweiseitige Schaltung Typ III C	15
4.2. Sicherheits- und Mängelbetrachtung	16
4.2.1. Bewertungsansatz	16
4.2.2. Einfehlersicherheit	16
4.2.3. Bewährte Sicherheitsprinzipien	17
4.2.4. Zusammenfassung	17
5. Variantenvergleich und Lösungskonzept	19
5.1. Überwachung des Arbeitsraumes	19

5.2. Methoden der Hubauslösung	20
6. Ausarbeiten der Pressensteuerung	26
6.1. Sicherheitsfunktionen	26
6.2. Hardware.....	32
6.3. Software	32
7. Ergebnisse und Zusammenfassung.....	38
Literatur	x
Anlagenverzeichnis	xii
Übersicht verwendeter Hilfsmittel und Danksagung.....	xii

Formelzeichen und Abkürzungen

Formelzeichen	Benennung	Einheit
B_{10D}	Anzahl der Schaltspiele bis 10 % der Komponenten gefahrbringend ausfallen	–
d_{op}	Betriebstage pro Jahr	d/a
DC	Diagnosedeckungsgrad	%
DC_{avg}	mittlerer Diagnosedeckungsgrad	%
h_{op}	mittlere Betriebszeit pro Tag	a
$MTTF_D$	mittlere Zeit des Auftretens eines gefahrbringenden Fehlers	a
n_{op}	mittlere Anforderungshäufigkeit pro Jahr	1/a
PFH_D	Wahrscheinlichkeit eines gefahrbringenden Fehlers pro Stunde	1/h
PL	Performance Level	–
PL_r	erforderlicher Performance Level	–
t_{zyklus}	Periodendauer einer Anforderung	s

Abkürzungen	
CCF	Ausfälle aufgrund gemeinsamer Ursache (common cause failure)
DGUV	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
OT	oberer Totpunkt
PSV	Pressensicherheitsventil
SF	Sicherheitsfunktion
SIL	Sicherheitsanforderungsstufe (Safety integrity Level)
SRP/CS	sicherheitsrelevante Teile einer Steuerung
UT	unterer Totpunkt

Abbildungen

Abbildung 3-1: Modellierung einer Zweihandschaltung als Schutzfunktion [Quelle: eigene Darstellung].....	6
Abbildung 3-2: Säulendiagramm zur vereinfachten PL-bestimmung aus der Kategorie, $MTTF_D$ und dem DC [12, S. 61]	9
Abbildung 5-1: GRAFCET Plan der vereinfachten Schrittkette der Betriebsart Einzelhub [Quelle: eigene Darstellung]	24
Abbildung 6-1: Modellierung der Sicherheitsfunktion Not-Halt [Quelle: eigene Darstellung]	26
Abbildung 6-2: SISTEMA Auszug der Sicherheitsfunktion Not-Halt-Vorrichtung [Quelle: eigene Darstellung].....	31
Abbildung 6-3: SISTEMA Auszug Kennwerte Sicherheitsfunktion Not-Halt-Vorrichtung [Quelle: eigene Darstellung].....	31
Abbildung 6-4: Auszug samos®PLAN6 der Eingangskonfiguration [Quelle: eigene Darstellung]	33
Abbildung 6-5: Auszug samos®PLAN6 erzeugen der Sprungmarken [Quelle: eigene Darstellung]	33
Abbildung 6-6: Auszug samos®PLAN6 Freigabe.Not-Halt [Quelle: eigene Darstellung]	34
Abbildung 6-7: Ablauf der Nockenbetätigung [20, S. 263]	35
Abbildung 6-8: Programmauszug Einrichten mit Zweihandschaltung [Quelle: eigene Darstellung]	35
Abbildung 6-9: Programmauszug Ansteuerung und Überwachung Sicherheitsschaltgerät und Pressensicherheitsventil [Quelle: eigene Darstellung]	36

Tabellen

Tabelle 3-1: Klassifizierung des DC nach [6]	8
Tabelle 4-1: Auszug der Maschinendaten [13, S. 14-15]	10
Tabelle 4-2: Beschreibung der Sicherheitsfunktion Not-Halt-Vorrichtung	12
Tabelle 4-3: Beschreibung der Sicherheitsfunktion kraftbetätigte Schutztüren	13
Tabelle 4-4: Beschreibung der Sicherheitsfunktion kraftbetätigte Schutzabschirmung.	14
Tabelle 4-5: Beschreibung der Sicherheitsfunktion Zweihandschaltung Typ III C	15
Tabelle 5-1: Vergleich anwendbarer Technologien für die Überwachung des Arbeitsraumes	19
Tabelle 5-2: Vergleich der Methoden zur Hubauslösung	22
Tabelle 6-1: Ermittlung der $MTTF_D$ verwendeter Komponenten.....	27
Tabelle 6-2: Bewertung des DC verwendeter Komponenten	27
Tabelle 6-3: Berechnung $MTTF_D$ Subsystem Input	28
Tabelle 6-4: Maßnahmen gegen CCF des Subsystems Input	28
Tabelle 6-5: Zusammenfassung Subsystem Input und Ermittlung PFH_D und PL.....	29
Tabelle 6-6: Kennwerte des Subsystems Logik.....	29
Tabelle 6-7: Zusammenfassung des Subsystems Output.....	29
Tabelle 6-8: Zusammenfassung System Sicherheitsfunktion Not-Halt.....	30

1. Einleitung

Der Umgang mit Altmaschinen, der Fertigungstechnik, stellt ein bleibendes Problem dar. Sie verfügen häufig über einen niedrigeren sicherheitstechnischen Stand als er von aktuellen Normen und Richtlinien definiert wird [1]. Anforderungen an neue Maschinen, die in Verkehr gebracht werden, sind nach dem Stand der Technik fest reguliert. Im Gegensatz dazu entschied der Gesetzgeber, die Frage des Bestandschutzes von Altmaschinen dem Betreiber zu überlassen. Dieser hat die Sicherheit der Maschine zum Zeitpunkt der Verwendung einzuschätzen und zu gewährleisten [1, S. 397].

Die Grenzen der sicherheitstechnischen Bewertung von Altmaschinen, nach dem Stand der Technik, sind weitestgehend nicht untersucht.

Im Rahmen dieser Arbeit wird ein Bewertungsansatz sicherheitstechnischer Einrichtungen von Altmaschinen untersucht. Daraus wird die Frage, in welchen Grenzen eine Bewertung stattfinden kann, beantwortet.

Ziel ist die Projektierung und Programmierung einer Maschinensteuerung, für eine Exzenterpresse mit einer Nennkraft von 1.000 kN. Vertiefend werden sicherheitsrelevante Einrichtungen analysiert und Varianten für die Auslegung der Schutzfunktionen verglichen.

Anhand der DIN EN ISO 13849-1:2016-06, die allgemeine Gestaltungsleitsätze zur Auslegung sicherheitsrelevanter Teile definiert, erfolgt eine Analyse sicherheitstechnischer Einrichtungen einer Altmaschine. Maßnahmen bewährter Schutzeinrichtungen, die die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung zum Schutz der Bedienperson empfiehlt, werden anhand ihrer Funktionalität, der Anwendungsmöglichkeiten und kommerzieller Aspekte verglichen.

Beginnend mit dem ersten Kapitel werden aktuelle Anforderungen an die funktionale Maschinensicherheit nach dem Stand der Technik beschrieben. Dazu zählt die Gesetzeslage, Grundlagen der Gefährdungsbeurteilung und die Risikoeinschätzung und -minderung. Anschließend werden Details zu Pressensteuerungen und sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen erläutert. Als Nächstes wird das Vorgehen der Auslegung

sicherheitsrelevanter Teile, nach DIN EN ISO 13849-1, detailliert nach den einzelnen Kriterien, im Kapitel der theoretischen Grundlagen erklärt. Im Anschluss werden die Sicherheitsfunktionen der Altmaschine analysiert und Sicherheitsmängel, anhand eines zuvor definierten Bewertungsansatzes, beschrieben. Danach werden die Varianten empfohlener Maßnahmen zum Schutz der Bedienperson verglichen und bewertet. Auf Grundlage der Bewertung wird nachfolgend ein Lösungskonzept für die Neuauslegung der Pressensteuerung erstellt. Daraufhin wird die Ausarbeitung des Lösungskonzepts beschrieben, auf den Bereichen der Auslegung der Sicherheitsfunktionen und auf das realisierte Steuerungsprogramm wird besonders Wert gelegt. Abschließend werden sowohl die erreichten Ergebnisse zusammengefasst und die wissenschaftliche Leitfrage dieser Arbeit beantwortet als auch ein Fazit mit Ausblick auf weitere Forschungsthemen gezogen.

2. Stand der Technik

2.1. Funktionale Sicherheit

Die funktionale Sicherheit bezeichnet den Teil der Sicherheit, der sich mit dem Schutz von Personen vor möglichen Gefahren durch gefahrbringende Funktionen von Maschinen, Anlagen, Systeme oder Geräte beschäftigt. Das Ziel der funktionalen Sicherheit ist es sicherzustellen, dass das Risiko gefahrbringender Funktionen minimiert wird und betroffene Systeme im Fehlerfall sicher arbeiten. Maßgebende Richtlinie der funktionalen Sicherheit ist die Maschinenrichtlinie 2006/42/EG [2]. Sie definiert und beschreibt unter anderem grundlegende Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen für Konstruktion und Bau von Maschinen, welche innerhalb der EU in Verkehr gebracht werden. Darin fordert sie, dass der Hersteller oder ein Bevollmächtigter dafür Sorge zu tragen hat, dass die Maschine unter der Berücksichtigung des von ihr ausgehenden Risikos konstruiert und gebaut wird.

2.2. Gesetzgebung

Die Betriebssicherheitsverordnung §5 gibt vor, dass zur Verfügung gestellte Arbeitsmittel zum Zeitpunkt der Verwendung sicher sein müssen [3]. Sie fordert, dass der Arbeitgeber bzw. der Betreiber zur Verfügung gestellte Arbeitsmittel einer Überprüfung hinsichtlich deren Sicherheit durchzuführen hat. An Gebraucht- oder Altmaschinen liegt die Frage der Sicherheit immer in der Verantwortung des Betreibers, dieser hat einzuschätzen, ob das Sicherheitsniveau der Maschine ausreichend ist. Ist dies nicht der Fall besteht eine Pflicht zum Nachrüsten. Wird dem nicht nachgekommen so kann der Betreiber, nach dem Arbeitsschutzgesetz § 13 [4], im Falle eines Unfalls für fahrlässiges Handeln zur Verantwortung gezogen werden.

2.3. Risikobeurteilung und Risikominderung

Die DIN EN ISO 12100:2010 [5] ist die Sicherheitsgrundnorm für Sicherheit von Maschinen. Sie definiert den iterativen Prozess der Risikobeurteilung und Risikominderung. Die Risikobeurteilung erfolgt auf Basis der vorab erfolgten Gefährdungsbeurteilung, in der alle absehbaren Gefahren dokumentiert werden. Anschließend wird den Gefährdungsbereichen ein Risiko, zusammensetzend aus Auftretenswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß, zugeordnet. Daraufhin hat die Risikobewertung zu erfolgen. Dabei wird der Performance Level (PL) nach DIN EN ISO 13849-1 [6] oder Safety integrity Level (SIL) nach DIN EN IEC 62061 für jede Gefährdung festgelegt. Abschließend hat die Risikominderung zu erfolgen, die fest hält, ob das ermittelte Risiko innerhalb eines vertretbaren Restrisikos liegt, oder risikomindernde Maßnahmen notwendig sind. Leitfäden und Vorlagen für die Durchführung und Dokumentation von Risikobeurteilungen und der Festlegung risikomindernde Maßnahmen bieten Berufsgenossenschaften [7], Hersteller von Sicherheitstechnik [8], [9], Dienstleister und Verlage [10], sowie die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) [11].

2.4. Pressensteuerungen

Bei der Auslegung von Pressensteuerungen wird besonders auf die sicherheitstechnischen Anforderungen Wert gelegt. Um eine Steuerung sicher auslegen zu können ist das Erstellen einer Risikobeurteilung unerlässlich. Pressensteuerungen bestehen aus einem sicherheitsrelevanten und einem nicht sicherheitsrelevanten Teil. Dabei ist es dem Hersteller überlassen, ob diese Teile der Steuerung auf getrennten Automatisierungsgeräten oder einer kombinierten Sicherheits- und Maschinensteuerung, Sicherheitskompaktsteuerung genannt, realisiert werden. Unterschieden werden Pressen in zwei Ausführungsvarianten, automatisch wirkenden Pressen mit automatischer Zufuhr und Entnahme, und Einzelhubpressen mit manueller Zufuhr und Entnahme [1, S. 104]. Hierbei gelten für Einzelhubpressen die höchsten sicherheitstechnischen Anforderungen. Die redundante Ausführung von Start- und Stoppfunktionen sowie Einzelhubsteuerungen sind obligatorisch. Eine Störung im System oder die Betätigung einer Sicherheitsschutzvorrichtung muss zum sofortigen Stillstand der Presse oder unter gegebenen Bedingungen zum Stillstand am Ende des Arbeitszyklus führen [1, S. 104].

2.5. Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen

Die DIN EN ISO 13849-1 [6] beschreibt allgemeine Gestaltungsleitsätze für die Auslegung sicherheitsbezogener Teile von Steuerungen. Die DIN EN IEC 62061 beschreibt ähnlich der [6] die Realisierung sicherheitsrelevanter Steuerungssysteme. Dabei sind die festgelegten Methoden der Normen unterschiedlich, können aber eine vergleichbare Risikominderung erreichen [12, S. 19]. In dieser Arbeit wird sich auf die [6] bezogen, da sie im Bereich der Fertigungstechnik etablierter ist.

Sicherheitsfunktionen (SF), welche nach [5] die Risikominderung gewährleisten sollen, werden durch sicherheitsrelevante Teile einer Steuerung (SRP/CS) realisiert. SRP/CS können neben der SF auch zu einer Bedienfunktion, beispielsweise einer Zweihandschaltung, beitragen. Zur Beurteilung, ob eine SF zur Risikominderung beitragen kann, müssen alle SRP/CS bewertet und anschließend das System der SF zusammengefasst betrachtet werden. Dazu definiert die [6] Anforderungen an SRP/CS, hierzu gehören festgelegte Grenzen, in denen sich Sicherheitskennwerte befinden müssen und Forderungen hinsichtlich der Applikation.

3. Theoretische Grundlagen

Im folgenden Kapitel werden alle Grundlagen der Auslegung einer SF nach [6] erläutert. Eine SF kann in drei Subsysteme, die alle einzeln betrachtet werden müssen, aufgeteilt. Eine Modellierung eines beispielhaften Systems, zeigt die Abbildung 3-1. Das Subsystem Input besteht aus einer redundanten Zweihandschaltung, dessen Auswertung im Subsystem Logik erfolgt. Bei gegebener Betätigung steuert das Automatisierungsgerät das Sicherheitsventil im Subsystem Output an.

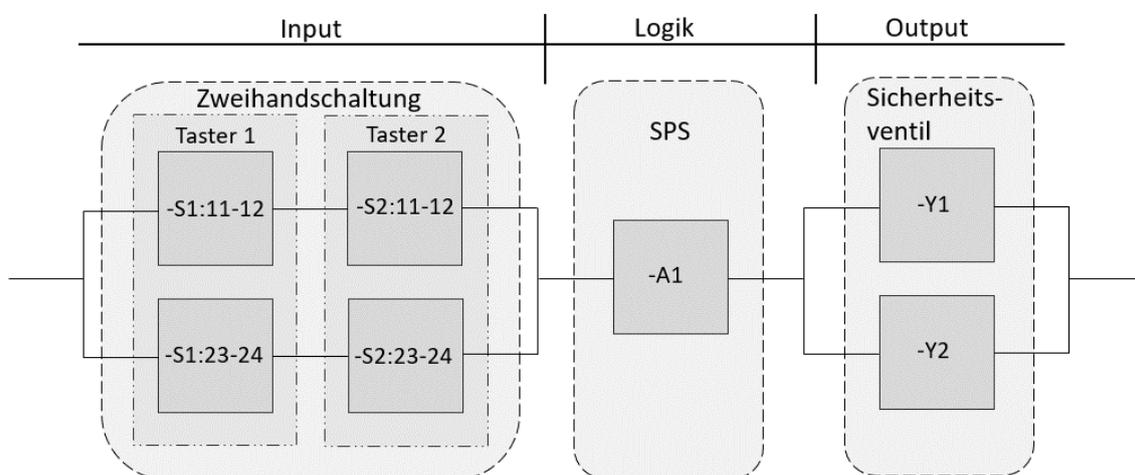


Abbildung 3-1: Modellierung einer Zweihandschaltung als Schutzfunktion [Quelle: eigene Darstellung]

Zu Beginn der Auswertung ist es notwendig, jedem SRP/CS eine Kategorie zuzuordnen. Eine Kategorie beschreibt die Widerstandsfähigkeit gegenüber Fehlern. Definiert sind fünf Kategorien, beginnend mit Kategorie B, welche die geringsten Anforderungen stellt, über Kategorie 1, 2 und 3 bis hin zur 4, welche die höchsten Anforderungen stellt. Eine detaillierte Übersicht der Kategorien und deren Anforderungen nach [6] kann der Anlage 1 entnommen werden. Die Einzelheiten der quantitativen Anforderungen werden anschließend erläutert.

Zunächst müssen sicherheitsrelevante Kennwerte verwendeter SRP/CS ermittelt werden. SRP/CS die mechanische, und somit Verschleiß behaftete, Komponenten besitzen, werden anhand ihrer Nutzungshäufigkeit charakterisiert. Die Nutzungshäufigkeit n_{op} stellt

ein Maß für die durchschnittliche Anzahl der Anforderungen pro Jahr dar und lässt sich nach Gl. (1) berechnen.

$$n_{op} = \frac{d_{op} \cdot h_{op} \cdot 3600 \text{ s/h}}{t_{Zyklus}} \quad (1)$$

d_{op} mittlere Anzahl der Betriebstage pro Jahr

h_{op} mittlere Betriebszeit in Stunden pro Tag

t_{Zyklus} Periodendauer einer Anforderung

Anschließend kann die mittlere Zeit des Auftretens eines gefahrbringenden Fehlers, englisch: mean time to dangerous failure ($MTTF_D$), nach Gl. (2), berechnet werden.

$$MTTF_D = \frac{B_{10d}}{0,1 \cdot n_{op}} \quad (2)$$

B_{10d} Anzahl der Schaltspiele bis 10 % aller Bauteile gefahrbringend ausfallen

Vor der anschließenden Berechnung ist der $MTTF_D$ für jedes SRP/CS der Kategorien B, 1, 2 und 3 auf 100 Jahre zu begrenzen, in der Kategorie 4 erfolgt eine Begrenzung auf 2.500 Jahre [6, S. 77]. Danach kann der $MTTF_D$ jedes Kanals bestimmt werden. In Reihe angeordnete SRP/CS werden nach Gl. (3), parallel verlaufende, dazu zählen ebenfalls redundant ausgeführte, Kanäle werden nach Gl. (4) zusammengefasst.

$$\frac{1}{MTTF_D} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{MTTF_{Di}} \quad (3)$$

$$MTTF_D = \frac{2}{3} \left[MTTF_{DC1} + MTTF_{DC2} - \frac{1}{MTTF_{DC1} + MTTF_{DC2}} \right] \quad (4)$$

$MTTF_{DC1,2}$ $MTTF_D$ -Wert des einzelnen Kanals

Ist der $MTTF_D$ des Subsystems bestimmt muss nachfolgend der Diagnosedeckungsgrad (DC) ermittelt werden. Dieser ist das Verhältnis von detektierten gefährlichen Ausfällen zu den gesamten gefährlichen Ausfällen des Systems. Prinzipien der Erkennung von Ausfällen sind beispielsweise das direkte oder indirekte Überwachen, zyklische Testung oder Kreuzvergleiche der Eingangssignale. Eine Zusammenfassung für die Abschätzung des DC stellt die [6, Anh. E] zur Verfügung. Der DC der einzelnen SRP/CS wird zu einem mittleren Diagnosedeckungsgrad (DC_{avg}) des Subsystems nach Gl. (5) zusammengefasst.

$$DC_{avg} = \frac{\frac{DC_1}{MTTF_{D1}} + \frac{DC_2}{MTTF_{D2}} + \dots + \frac{DC_N}{MTTF_{DN}}}{\frac{1}{MTTF_{D1}} + \frac{1}{MTTF_{D2}} + \dots + \frac{1}{MTTF_{DN}}} \quad (5)$$

Der DC wird, siehe Tabelle 3-1, zur vereinfachten Bewertung in Bereiche unterteilt. Die Ausführung der SRP/CS wirkt sich auf den DC aus. Eine fehlerhafte Applikation kann dazu führen, dass der DC sich verringert.

Tabelle 3-1: Klassifizierung des DC nach [6]

Bezeichnung	Bereich
kein	$DC < 60 \%$
niedrig	$60 \% \leq DC < 90 \%$
mittel	$90 \% \leq DC < 99 \%$
hoch	$99 \% \leq DC$

Eine Verringerung des DC liegt vor, wenn Effekte der Fehlerverdeckung nicht berücksichtigt werden. Fehlerverdeckung kann auftreten sobald mehrere SRP/CS von einem gemeinsamen Mechanismus oder Testvorrichtung überwacht werden. Dies ist der Fall, wenn beispielsweise redundante Türenscharter mit potenzialfreien Kontakten in Reihe geschaltet werden und deren Zustand mittels Sicherheitssteuerung überwacht wird. Da ein einzelner gefahrbringender Fehler möglicherweise nicht erkannt wird, verringert sich der DC auf mittel bis kein. Abhängig davon wird der maximal zu erreichende PL auf c bis d begrenzt [9, S. 138-139].

Die letzte Anforderung der Kategorien ist die Abschätzung der Ausfälle aufgrund gemeinsamer Ursache (CCF). Dabei handelt es sich um ein Verfahren zur Beurteilung ausgeführter Maßnahmen gegen Ausfälle mehrerer SRP/CS, die durch gleiche Fehlerursachen hervorgerufen werden. Damit ist gemeint, dass mehrere Sensoren/Aktoren und/oder Steuer-elektronische Bauteile durch das Auftreten eines Fehlers gleichzeitig gefahrbringend

ausfallen. In diesem quantitativen Prozess wird für jede angewandte Maßnahme eine Anzahl an Punkten vergeben, in Summe muss jedes System eine definierte Mindestpunktzahl erreichen, dabei sind alle SRP/CS zu berücksichtigen. Die Vorlage möglicher Maßnahmen ist, nach denen die Punktevergabe erfolgt, in [6, Anh. F] zu finden.

Nachfolgend muss die durchschnittliche Wahrscheinlichkeit eines gefahrbringenden Ausfalls pro Stunde (PFH_D) und der PL für jedes SRP/CS ermittelt werden. Dazu stellt die [6, Anh. K] eine Tabelle bereit, aus der Anhand der Kategorie, $MTTF_D$ und der DC die korrespondierenden Werte abgelesen werden können. Die Abbildung 3-2 zeigt eine grafische Zusammenfassung des Anhangs und veranschaulicht unter welchen Bedingungen ein entsprechender PL erreicht wird.

Abschließend hat eine Bewertung des erreichten PL gegenüber dem benötigten Performance Level (PL_r) stattzufinden. Der PL der SF muss somit größer oder gleich der PL_r sein, um die Risikominderung gewährleisten zu können.

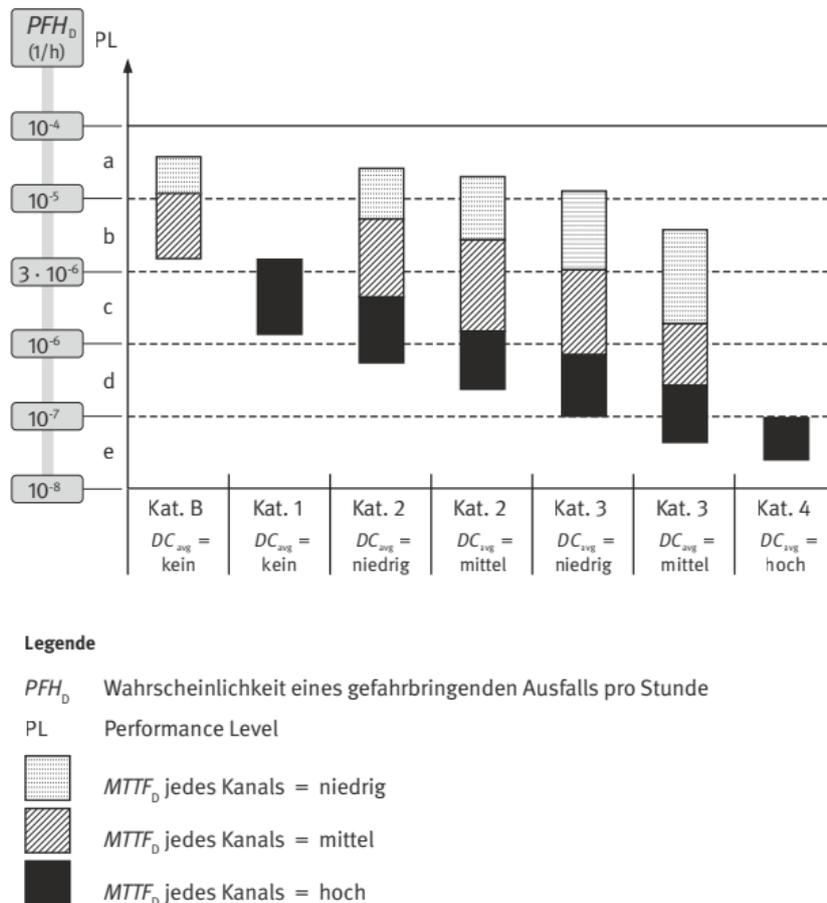


Abbildung 3-2: Säulendiagramm zur vereinfachten PL-bestimmung aus der Kategorie, $MTTF_D$ und dem DC [12, S. 61]

4. Analyse und Bewertung

Die Maschine, des Herstellers LVD Company N.V. ehemals LVD International N.V., vom Typ DVD F 100, Baujahr 1996, ist eine Einständer Exzenterpresse mit einer Nennkraft von 1.000 kN. Tabelle 4-1 zeigt ein Auszug der Maschinendaten und eine allgemeine Darstellung der Maschine, mit Benennung einzelner Bauteile, ist in Anlage 2 zu finden. Grundsätzlich arbeitet die Exzenterpresse im Einzelhubbetrieb mit manueller Bestückung und Entnahme. Dabei treibt eine Drehstromasynchronmaschine ein Massenschwungrad an. Dieses wird bei Ansteuerung einer pneumatischen Brems-Kupplungs-Kombination mit der Exzenterwelle kraftschlüssig verbunden. Die Drehzahl des Massenschwungrads ist durch das Übersetzungsverhältnis fest vorgegeben. Somit ist in Abhängigkeit des manuell einstellbaren Stößel Hubs die Bewegungsgeschwindigkeit des Stößels variabel.

*Tabelle 4-1: Auszug der Maschinendaten
[13, S. 14-15]*

Maschinendaten	DVD F 100
Nennkraft	1000 kN
Verstellbarer Stößel Hub	
minimal	10 mm
maximal	130 mm
Maschinentakt	
Einzelhub	36 1/min
Automatikhub	72 1/min
Maschinen Maße	
Breite	1500 mm
Länge	2380 mm
Höhe	2800 mm
Arbeitstisch Maße	
Breite	950 mm
Länge	630 mm
Tiefe	100 mm
Gewicht	
gesamt	8900 kg
bewegte Teile	420 kg
Elektrische Größen	
Gesamtleistung	20 kVA
Frequenz	50 Hz
Spannung	220/380 V
Leistung Antriebsmotor	8,5 kW

Die Bedienung der Maschinenfunktionen erfolgt durch die Bedienelemente am Schalt-schrank. Dieser ist an der rechten Seite der Maschine angebracht. Dort ist als Erstes ein Not-Halt-Taster angebracht. Des Weiteren befindet sich dort der Wahlschalter zum Einschalten der Steuerung, der Betriebsartenwahlschalter, sowie weitere Bedientaster und Leuchtmelder. Für die Bedienung der Hubauslösung bzw. Auslösung eines Arbeitszyklus ist ein Zweihandbedienpult an der Maschine, genauer, vor dem Arbeitsbereich,

angebracht. Die Zweihandtaster ermöglicht die Stößel Bewegung im Einrichten, zusätzlich ist ein weiterer Not-Halt-Taster am Zweihandbedienpult angebracht. Außerdem befindet sich dort ein Wahlschalter zum manuellen Öffnen und Schließen der Aufspannvorrichtung. Die Aufspannvorrichtung wird benötigt, um das Werkstück während der Bearbeitung zu fixieren. Zuletzt befindet sich links neben dem Zweihandbedienpult ein Gehäuse mit einem Pilztaster als Start-Vorrichtung für einen Arbeitszyklus. Dieses wurde nachträglich im Austausch zu einem Fußschalter angebracht. Der Aufbau der Maschinensteuerung, kann dem Stromlaufplan, in Anlage 4, entnommen werden.

Unter Anbetracht des Baujahrs der Maschine (1996), kann die Hypothese aufgestellt werden, dass aktuelle Anforderungen an die funktionale Maschinensicherheit nicht durch die Sicherheitsfunktionen der Altmaschine gewährleistet werden. Ein Auszug der Risikobeurteilung ist in Anlage 3 dargestellt. Aus ihr geht der Gefährdungsbereich der mechanischen Gefährdung hervor, in dem eine Risikominderung notwendig ist. Im nachfolgenden Abschnitt werden die SF zunächst analysiert und anschließend bewertet. Die Anlage 4 kann dazu dienen die analysierten SF selbst nachzuvollziehen.

4.1. Analyse der Sicherheitsfunktionen

4.1.1. Not-Halt-Vorrichtung

Die Tabelle 4-2 beschreibt die SF der Not-Halt-Vorrichtung. Diese ist als Not-Aus ausgeführt und trennt bei Betätigung die Steuerspannung aller sicherheitsrelevanten Betriebsmittel im Steuerstromkreis. Zu finden ist die Betätigung der Not-Halt-Taster auf Blatt 5-6 der Anlage 4.

Tabelle 4-2: Beschreibung der Sicherheitsfunktion Not-Halt-Vorrichtung

Sicherheitsfunktion	Not-Halt-Vorrichtung
Auslösendes Ereignis	Betätigung einer der beiden Not-Halt-Taster.
Reaktion	Spannungsfreischalten des Pressensicherheitsventil (PSV), sowie des Magnetventils der Aufspannvorrichtung.
Sicherer Zustand	Stillgesetzter Pressenstößel und geöffnete Aufspannvorrichtung.
Funktion	<p>Wird der...</p> <ul style="list-style-type: none"> • Not-Halt-Taster BP1 betätigt. <ul style="list-style-type: none"> • Öffner-Kontakt BP1:1-2 öffnet <ul style="list-style-type: none"> • Potenzial 110.2 = 0 V • Not-Halt-Taster BP2 betätigt. <ul style="list-style-type: none"> • Öffner-Kontakt BP2:1-2 öffnet daraus folgt <ul style="list-style-type: none"> • Potenzial 110.2 = 0 V <p>Daraus folgt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kontaktpulen des PSV EV2 und EV3 sind Spannungsfrei • PSV fällt ab • pneumatische Kupplungs-Brems-Kombination öffnet (Bremsen fällt ein) • Pressenstößel wird still gesetzt • Magnetventil EV5 der Aufspannvorrichtung fällt ab • Zylinder der Aufspannvorrichtung öffnet
manuelle Rückstellfunktion	Die manuelle Rückstellung der Sicherheitsfunktion erfolgt durch Lösen der betätigten Not-Halt-Vorrichtung.

4.1.2. Kraftbetätigte Schutztüren

Die SF kraftbetätigte Schutztüren ist als Reihenschaltung der Türendschanter im Steuerstromkreis, Blatt 13 Anlage 4, eingebunden. In der Betriebsart Einrichten wird diese SF durch einen Hilfskontakt deaktiviert. Alle Funktionen und Wirkungen der SF sind in Tabelle 4-3 zusammengefasst.

Tabelle 4-3: Beschreibung der Sicherheitsfunktion kraftbetätigte Schutztüren

Sicherheitsfunktion	Kraftbetätigte Schutztüren
Auslösendes Ereignis	Öffnen einer oder mehrere Schutztüren.
Reaktion	Spannungsfreischalten des PSV.
Sicherer Zustand	Stillgesetzter Pressenstößel
Funktion	<p>Durch Öffnen der Tür(en) wird:</p> <ul style="list-style-type: none"> • der Türschalter FC3 (Tür vorn) betätigt <ul style="list-style-type: none"> • Öffner-Kontakt FC3 öffnet • Potenzial an FC3.2 = 0 V, daraus folgt Potenzial 110.5 = 0 V • der Türschalter FC5 (Tür rechts) betätigt <ul style="list-style-type: none"> • Öffner-Kontakt FC5 öffnet • Potenzial an FC5.2 = 0 V, daraus folgt Potenzial 110.5 = 0 V • der Türschalter FC6 (Tür links) betätigt <ul style="list-style-type: none"> • Öffner-Kontakt FC6 öffnet • Potenzial an FC6.2 = 0 V, daraus folgt Potenzial 110.5 = 0 V <p>Daraufhin folgt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hilfsschütz C und D fällt ab • Kontaktpule EV2 und EV3 fällt ab • PSV fällt ab • pneumatische Kupplungs-Brems-Kombination öffnet (Bremsse fällt ein) • Pressenstößel wird still gesetzt <p>In der Betriebsart Einrichten (Betriebsartenwahlschalterstellung 1 und 2) sind die Schutztüren nicht aktiv</p>
manuelle Rückstellfunktion	Die manuelle Rückstellung der Sicherheitsfunktion erfolgt durch das Schließen der Tür(en).

4.1.3. Kraftbetätigte Schutzabschirmung

In der Betriebsart Einzelhub wird mittels pneumatisch angetriebener Schutzabschirmung der Bearbeitungsraum vollständig abgeschirmt. Der Türendschafter der geschlossenen Endlage bewirkt eine Gate-Start-Funktion und führt eine Hubauslösung aus. Alle Details der SF sind in Tabelle 4-4 zusammengefasst.

Tabelle 4-4: Beschreibung der Sicherheitsfunktion kraftbetätigte Schutzabschirmung

Sicherheitsfunktion	Kraftbetätigte Schutzabschirmung
Gate-Start-Funktion	In der Betriebsart 3 und 5 wird über das Schließen des Schließer-Kontakts von FC1 ein Einzelhub ausgelöst.
Auslösendes Ereignis	Objekt oder Körperteil verhindert das Schließen der beweglichen Abschirmung, oder Öffnen der Abschirmung, während eines Einzelhubs.
Reaktion	Spannungsfreischalten des PSV.
Sicherer Zustand	Stillgesetzter Pressenstößel
Funktion	<p>Durch Öffnen der Schutzabschirmung wird:</p> <ul style="list-style-type: none"> • der Rollenschafter FC1 fällt ab <ul style="list-style-type: none"> • Schließer-Kontakt FC1 öffnet • Potenzial FC1.4 = 0 V, daraus folgt Potenzial 110.5 = 0 V <p>Daraufhin folgt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hilfsschütz C und D fällt ab • Kontaktpule EV2 und EV3 fällt ab • PSV ist Spannungsfrei • pneumatische Kupplungs-Brems-Kombination öffnet (Bremsse fällt ein) • Pressenstößel wird still gesetzt <p>In der Betriebsart Einrichten (Betriebsartenwahlschalterstellung 1,2) ist die bewegliche Abschirmung nicht aktiv, und wird über Schließer-Kontakt des Betriebsartenwahlschalters S2.4:7-8 gebrückt.</p>

4.1.4. Zweihandschaltung Typ III C

In der Betriebsart Einrichten kann, mittels Zweihandschaltung, eine Hubbewegung ausgelöst werden. Dadurch wird der Schutz des Bedieners durch örtliche Bindung gewährleistet. Die SF der Zweihandschaltung ist in Tabelle 4-5 zusammengefasst und kann auf Blatt 9 der Anlage 4 nachvollzogen werden.

Tabelle 4-5: Beschreibung der Sicherheitsfunktion Zweihandschaltung Typ III C

Sicherheitsfunktion	Zweihandschaltung Typ III C
Auslösendes Ereignis	Entfernen einer oder beider Hände von der Zweihandschaltung.
Reaktion	Spannungsfreischalten des PSV.
Sicherer Zustand	Stillgesetzter Pressenstößel
Funktion	<p>Durch entfernen der Hand vom:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Taster BP6 wird: <ul style="list-style-type: none"> • der Eingangskreis am Sicherheitsschaltgerät GTS:T11-T12 wird geschlossen • der Eingangskreis am Sicherheitsschaltgerät GTS:T11-T13 wird geöffnet • Taster BP7 wird: <ul style="list-style-type: none"> • der Eingangskreis am Sicherheitsschaltgerät GTS:T11-T22 wird geschlossen • der Eingangskreis am Sicherheitsschaltgerät GTS:T11-T23 wird geöffnet • der Ausgang GTS:14 wird LOW (0 V) <ul style="list-style-type: none"> • Hilfsschutz C und D fällt ab • die Kontaktpulen des PSV EV2 und EV3 fallen ab • pneumatische Kupplungs-Brems-Kombination öffnet (Bremsen fällt ein) • Pressenstößel wird still gesetzt
manuelle Rückstellfunktion	Die manuelle Rückstellfunktion erfolgt durch die Betätigung beider Taster BP6 und BP7, nachdem zuvor beide Taster gelöst wurden.
Rückführkreis	Die Öffner-Kontakte des Sicherheitsschaltgerät GTS:31-32 steuern Schließer-Kontakte am Hilfsschutz A:13-14 diese werden in dem Rückführkreis des Sicherheitsschaltgerätes GTS überwacht.

4.2. Sicherheits- und Mängelbetrachtung

4.2.1. Bewertungsansatz

Die Maschinensteuerung ist als verbindungsprogrammierte Steuerung realisiert, sicherheitsrelevante und nicht sicherheitsrelevante Betriebsmittel sind verknüpft, um eine Gesamtfunktion zu gewährleisten. Dies erschwert das quantitative Bewerten der SF nach [6], da alle SRP/CS welche die SF bilden, zu betrachten sind. Ausschließlich Betriebsmittel, welche zu Testzwecken dienen und bei einem gefahrbringenden Ausfall nicht die SF beeinträchtigen, dürfen zu einem separat zu betrachtenden Subsystem zusammengeführt werden [14, S. 55]. Daher müssen alle Betriebsmittel im Signalpfad einer SF zunächst als sicherheitsrelevant angenommen und betrachtet werden. Daraus ergibt sich ein System bestehend aus dutzenden Betriebsmitteln, für die zum Teil keine Angaben zu sicherheitsrelevanten Kennwerten vorliegt. Für diesen Fall bietet die [6] die Möglichkeit sicherheitsrelevante Kennwerte einzelner Bauteile abzuschätzen. Jedoch ist eine Abschätzung der Parameter nach [6, Anh. C] ist nicht zulässig, da Angaben über die geeignete Anwendung und die Betriebsbedingung als SRP/CS, oder eine Konformitätserklärung des Herstellers, dass die Betriebsmittel nach Sicherheitsprinzipien nach DIN EN ISO 13849-2:2012 hergestellt wurde, fehlt. Eine Ermittlung des PFH_D und dem damit verbundenen PL ist somit nicht konsistent möglich. Diese Herangehensweise würde zu viele Vereinfachungen treffen und somit zu keinen belastbaren Ergebnissen für eine Bewertung führen.

Stattdessen erfolgt die Bewertung der SF anhand der Forderungen der Kategorien an die Grundstruktur verbauter Betriebsmittel. Diese müssen mindestens Anforderungen der Kategorie 3, siehe Kapitel 3, erfüllen, damit der PL „e“, erreicht werden kann.

4.2.2. Einfehlersicherheit

Die SF müssen so ausgelegt werden, dass ein einzelner Fehler nicht zum Verlust der Sicherheit führt. Ein einzelner Fehler muss bei oder vor der Anforderung detektiert werden. Dazu ist nicht zwingend eine redundante Ausführung notwendig. Systeme, die über eine spezielle Überwachung mit separatem Abschaltpfad verfügen, können eine Reaktion auf einen Fehler ausführen, sodass kein gefährlicher Zustand eintreten kann [14, S. 54]. Auch

Betriebsmittel, die über ein fehlersicheres Design verfügen und somit kein gefahrbringendes Potenzial im Fehlerfall bieten. können Anforderungen der Kategorie 3 gewährleisten. Davon kann in diesem Anwendungsfall jedoch nicht ausgegangen werden, da für ersteres eine entsprechende Überwachungseinheit und für zweiteres eine explizite Angabe des Herstellers vorliegen müsste. Daher bleibt lediglich die Methode der redundanten Ausführung. Allerdings sind alle Not-Halt-Taster und Endlagenschalter durchgängig einkanalig in die SF eingebunden. Ein gefahrbringender Fehler in einem Bauteil führt unmittelbar zum Verlust der Sicherheit. Des Weiteren kann durch die Reihenschaltung der Endlagenschalter der Schutzabschirmung, der Aufspannvorrichtung und der Türendschalter gefahrbringende Fehler durch Fehlerverdeckung, wie in Kapitel 3 erläutert, entstehen. Weiterhin kann bei der Ansteuerung des PSV nicht von einer konsistenten redundanten Ausführung gesprochen werden. Darauf wird im folgenden Abschnitt noch einmal näher eingegangen.

4.2.3. Bewährte Sicherheitsprinzipien

Zu den bewährten Sicherheitsprinzipien zählt die bestimmungsgemäße Verwendung von Betriebsmitteln. Die Applikation des Zweihand-Sicherheitsschaltgerätes, Betriebsmittelkennzeichnung „GTS“, entspricht nicht dieser Forderung. Der Hersteller gewährleistet, bei korrekter Applikation, ein Sicherheitsniveau bis PL „e“ / Kategorie 4 bei einem $DC > 99 \%$. Dabei dienen die potenzialfreien Ausgänge GTS:14 und GTS:24 einer redundanten Ansteuerung eines Aktors. Dies wird nicht berücksichtigt und je ein Ausgang wird für eine Teilfunktion genutzt. In diesem Fall werden die Hilfsschütze „C“ und „D“, welche das PSV ansteuern, über den Ausgang GTS:14 über Hilfsschütz „B“ einkanalig angesteuert. Der Ausgang GTS:24 wird dazu genutzt die Schutzabschirmung anzusteuern. Somit wird das Betriebsmittel nicht wie vom Hersteller definiert betrieben und die Gewährleistung des Sicherheitsniveaus entfällt.

4.2.4. Zusammenfassung

Durch die einkanalige Ausführung von SRP/CS und unter dem Aspekt, dass auftretende Fehler durch Fehlerverdeckung unerkannt bleiben können, kann das System maximal Anforderungen der Kategorie 1 erfüllen. Nach [8, S. 139-140] verringert sich der DC aufgrund der möglichen Fehlerverdeckung auf 0% . Somit kann maximal der PL „c“ erreicht

werden. Zieht man nun hinzu, dass einzelne Betriebsmittel nicht bestimmungsgemäß verwendet werden, so werden im besten Fall Anforderungen der Kategorie B erfüllt.

Im Ergebnis zeigt die Bewertung, dass die SF der Maschinensteuerung nicht dazu geeignet sind, eine Risikominderung entsprechend dem Gefährdungspotenzial zu gewährleisten.

5. Variantenvergleich und Lösungskonzept

Zum Schutz, jeder Bedienperson, an Schmiedepressen, gibt die DGUV [15, S. 66-67], [16] Varianten zur Umsetzung von Sicherheitseinrichtungen vor. Einige der Möglichkeiten kommen für die Neuauslegung infrage und werden im folgenden Kapitel verglichen. Ausgeschlossen sind Schutzeinrichtungen, die das Halten des Werkstücks während der Bearbeitung ermöglichen, da dies nicht gefordert wird.

5.1. Überwachung des Arbeitsraumes

Tabelle 5-1 dient der Übersicht verglichener Methoden zum Schutz, vor Eingreifen in den Arbeitsraum.

Tabelle 5-1: Vergleich anwendbarer Technologien für die Überwachung des Arbeitsraumes

	Feststehende/Festverschraubte Schutzabdeckungen	Kraftbetätigte Schutztüren	3D -Kamerasysteme	Lichtvorhang	Laserscanner
Handbeschickung	bei Teilapplikation	ja	ja	ja	ja
Schutz vor splitternden Teilen	ja	ja	nein	nein	nein
Einschränkung der Zugänglichkeit	stark	leicht	nein	leicht	nein
Investitionskosten	sehr niedrig	niedrig	sehr hoch	mittel	hoch
Applikationsaufwand	sehr niedrig	niedrig	hoch	mittel	hoch
Zulassung PL "e"	ja	ja	nein*	ja	nein**

Typen Klassifizierung nach EN IEC 61496

* 3D-Kamerasysteme Typ 4 mit Zulassung PL "e" wurden während der Recherche nicht gefunden

** Laserscanner Typ 4 bietet der Stand der Technik nicht

Die Anwendung feststehender oder fest verschraubter Schutzabdeckungen stellt eine sichere Lösung zum Schutz der Bedienperson dar, jedoch für Arbeiten des Einrichtens, Wartens oder Instandhalten werden Eingriffsmöglichkeiten in den Arbeitsraum nahezu vollständig beschränkt. Die DGUV weist in einem Artikel zum Thema Manipulation von

Schutzeinrichtungen darauf hin: „Viele manipulierte Maschinen verfügen nicht über sichere Lösungen für manuelle Eingriffe, wie sie etwa beim Einrichten oder bei der Störungsbeseitigung notwendig werden.“ [17, S. 3]. Ein Teil der Verantwortlichkeit für Manipulationen liegt somit bereits bei der Auslegung der Schutzeinrichtung.

Eine sichere Möglichkeit den Gefährdungsbereich zu überwachen und gleichermaßen die Bedienbarkeit im Arbeitsraum zu gewährleisten, bieten kraftbetätigte Schutztüren, Lichtvorhänge, 3D-Kamerasysteme sowie Laserscanner. Lichtvorhänge fungieren als berührungslos wirkende Schutzeinrichtung, ein Eingreifen in den Gefährdungsbereich wird aktiv-opto-elektrisch erfasst, woraufhin die gefahrbringenden Bewegungen gestoppt und verriegelt wird. Nachteilig ist, dass ausschließlich Lichtvorhänge des Typ 4 nach EN IEC 61496 für Anwendungsbereiche, bis PL „e“ zugelassen sind [14], [15, S. 41]. Diese sind kostenintensiv und benötigen zusätzlich zur Auswertung entweder ein separates Auswertegerät oder ein Automatisierungsgerät mit industriellen Kommunikationsschnittstellen wie ASi, ProfiNet oder vergleichbaren.

3D-Kamerasysteme oder Laserscanner die Anforderungen des PL „e“ erfüllen, konnten während der Recherche im Rahmen dieser Arbeit nicht gefunden werden. Die Einschränkung auf 3D-Kamerasysteme erfolgt daher, da die Anwendung von 2D-Kamerasystemen in diesem Anwendungsfall, einem Lichtvorhang des Typ 4 in nichts nachsteht.

5.2. Methoden der Hubauslösung

Eine Hubbewegung darf nur erfolgen solange der Bediener durch abschirmende Maßnahmen oder örtliche Bindung vor der Gefährdung geschützt ist. Bei der Variante abschirmender Maßnahmen wird die Bedienperson aus dem Gefährdungsbereich ausgeschlossen, wodurch das Sicherheitsniveau gewährleistet wird. Bei der örtlichen Bindung wird die Sicherheit grundlegend über den Abstand der Bedienperson zum Gefährdungsbereich sichergestellt. Dabei ist zu beachten, dass bei Maschinen mit ortsbindenden SF eine Nachlaufmessung zwingend erforderlich ist [18]. Der Abstand muss für die Bedienperson nicht innerhalb der Nachlaufzeit der gefahrbringenden Bewegung zu überbrücken sein. Definiert werden diese Abstände, anhand der zu erwartenden Bewegungsgeschwindigkeit

eines Menschen, in der DIN EN ISO 13857 [19]. Dabei ergibt sich die Gesamtnachlaufzeit aus der Summe der Reaktionszeit der Steuerung und der benötigten Zeit bis zum Stillstand des mechanischen Systems [1, S. 282-284].

Zweihandschaltungen bieten eine örtliche Bindung des Bedieners. Ein versehentliches Betätigen der Hubauslösung muss durch eine Überwachung der synchronen Betätigung der Zweihandschaltung, sowie konstruktiven Maßnahmen mittels Überdeckung der Tast-Vorrichtungen gewährleistet werden. Da die Presse über keine automatische Zuführung und Entnahme verfügt, muss nach jedem Hub eine manuelle Entnahme, sowie manuelle Bestückung mit einem Hilfswerkzeug erfolgen. Dieses müsste für die Betätigung der Hubauslösung mittels Zweihandschaltung für jeden Zyklus abgelegt und wieder aufgenommen werden. Für den Einzelhub betrieb, stellt dies keine Lösung, mit ausreichender Handhabbarkeit, dar. Die Funktion muss so gestaltet werden, dass für den Bediener ein möglichst geringer Aufwand bei der Einlegearbeit entsteht. Jedoch kann für Tätigkeiten des Einrichtens und für Wartungsarbeiten auf eine Zweihandschaltung zurückgegriffen werden.

Eine weitere Methode stellt die Verwendung eines Fußschalters dar, diese lösen das Problem des abzulegenden Hilfswerkzeugs. Jedoch müssen sie so angebracht werden, dass Bediener bei Betätigung nicht in den Gefahrenbereich eingreifen können. Da das Worstcase-Szenario des Betätigens des Fußschalters mit einem Fuß und das Eingreifen mit der diagonal liegenden Hand in den Gefährdungsbereich berücksichtigt werden muss, wäre ein Sicherheitsabstand mehrerer Meter notwendig. Ein versehentliches Betätigen muss durch eine Annahmehereitschafts-Einrichtung verhindert werden. Diese Einrichtung muss zusätzlich dynamisch abgefragt werden, um Manipulation vorzubeugen.

Kraftbetätigte Schutztüren hingegen, bieten eine mechanische Abschirmung des Gefährdungsbereichs und können eine Gate-Start-Funktion ausführen. Ein dynamisch abgefragter Endlagenschalter löst bei Betätigung, einen Startbefehl für einen Einzelhub aus. Eine örtliche Bindung des Bedieners ist nicht notwendig, da ein Eingreifen in den Gefährdungsbereich konstruktiv verhindert wird. Ein Zyklus kann somit durch Betätigen einer redundanten Start-Vorrichtung, welche das Schließen der Schutztür ansteuert, ausgeführt werden.

Eine weitere Möglichkeit sind Lichtvorhänge, diese können als Zyklusstart-Vorrichtung genutzt werden. Dabei wird in Ein-Takt oder Zwei-Takt-Betrieb unterteilt, diese unterscheiden sich darin, wie oft der Lichtvorhang durchschritten wird, bevor der Startbefehl erfolgt. Zusätzlich zu den bereits genannten Nachteilen in Abschnitt 5.1 ist zu berücksichtigen, dass Lichtvorhänge keinen Schutz gegen unkontrollierte bewegte Teile, wie abplatzende Splitter des Pressenwerkzeuges, bieten.

Eine Zusammenfassung der verglichenen Möglichkeiten ist in Tabelle 5-2 zu sehen.

Tabelle 5-2: Vergleich der Methoden zur Hubauslösung

	Zweihandschaltung	kraftbetätigte Schutztüren	Fußschalter	Lichtvorhang
Betriebsart Einrichten	geeignet	ungeeignet	ungeeignet	ungeeignet
Betriebsart Einzelhub	ungeeignet	geeignet	bedingt geeignet	geeignet
ortsbindend	ja	nein	ja	ja
abschirmend	nein	ja	nein	nein
Maßnahme gegen versehentliche Betätigung	Überwachung synchroner Betätigung und Abdeckung	Verriegelung der Hubauslösung	Annahmefortschrittsvorrichtung und Abdeckung	nein
Nachlaufmessung erforderlich	ja	nein	ja	ja
Zulassung PL "e"	ja	ja	ja	ja

5.3. Konzept der neuen Pressensteuerung

Die Sicherheit des Arbeitsraumes soll durch kraftbetätigte Schutztüren mit elektrischer Verriegelung gewährleistet werden. Die Endlage der drei kraftbetätigten Schutztüren soll mit berührungslos wirkenden Sicherheitsschaltern überwacht werden. Eine weitere Schutztür, fortlaufend als Schutzabschirmung bezeichnet, wird pneumatisch geöffnet und geschlossen. Sowohl die offene als auch geschlossene Endlage wird dynamisch mit berührungslos wirkenden Sicherheitsschaltern überwacht. Die Schutzabschirmung führt in

der geschlossenen Endlage die Gate-Start-Funktion aus. Als Einzelhub-Start-Vorrichtung wird ein redundant ausgeführter Schlag-Taster vorgesehen. Eine Zweihandschaltung gewährleistet die örtliche Bindung des Bedieners während des Einrichtens. Als passive Schutzfunktion wird eine Not-Halt-Vorrichtung am Schaltschrank und am Zweihandbedienpult vorgesehen. Ein abschließbarer Betriebsartenwahlschalter ermöglicht das Umschalten zwischen den fünf Betriebsarten.

0. Aus

Die Maschine wird sicher ausgeschaltet, alle Ausgänge der Sicherheitskompaktsteuerung werden abgeschaltet.

1. Einrichten Rechtslauf

Die Schutzfunktionen der Schutztüren sowie der Schutzabschirmung sind deaktiviert, um ein möglichst freies Eingreifen zum Einrichten und Warten zu ermöglichen. Mittels sich am Zweihandbedienpult befindender Wahlschalter kann die Schutzabschirmung und die Aufspannvorrichtung betätigt werden. Die Auslösung einer Hubbewegung erfolgt im Tastbetrieb durch die Zweihandschaltung.

2. Einzelhub

Die SF der Zweihandschaltung sowie die Funktion der Wahlschalter am Zweihandbediengerät sind in dieser Betriebsart deaktiviert. Die Betriebsart kann nur in der Grundstellung der Maschine angewählt werden. Ein Einzelhub-Zyklus wird über die Einzelhub-Start-Vorrichtung, redundanter ausgeführter Schlagtaster, ausgelöst. Der Ablauf eines Einzelhubs ist vereinfacht als GRAFCET-Plan in Abbildung 5-1 dargestellt.

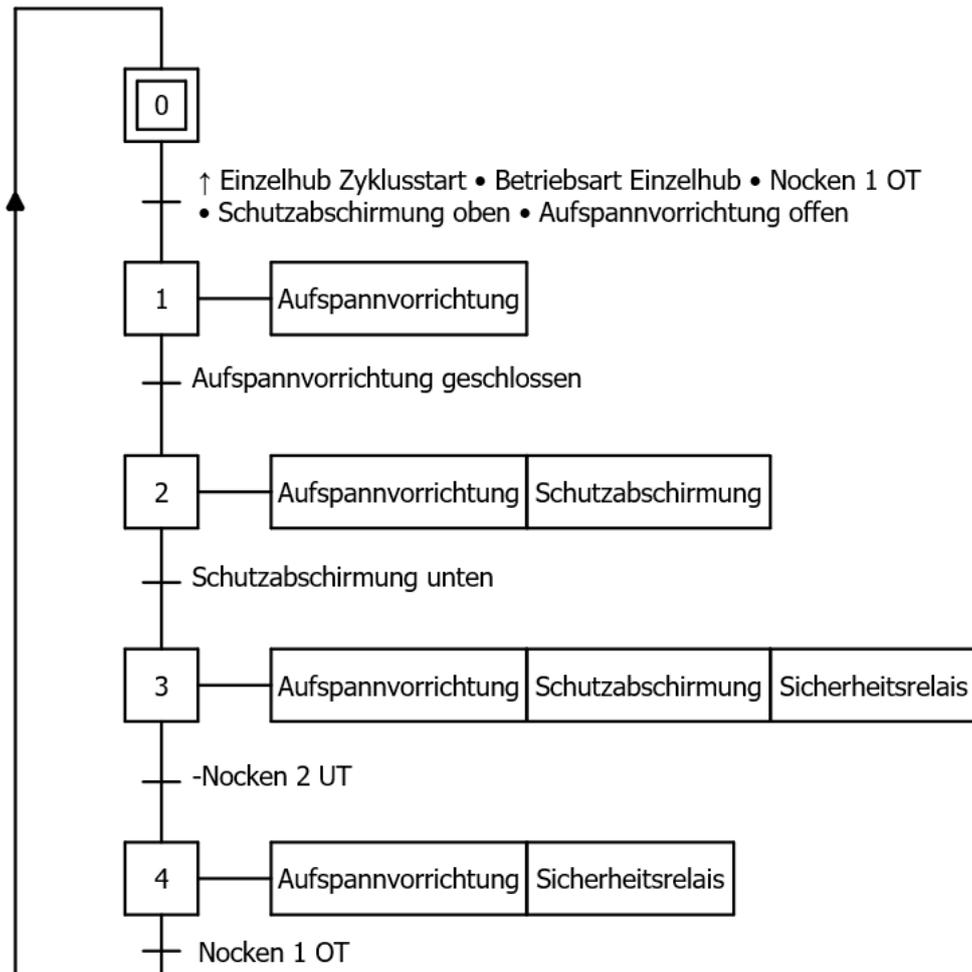


Abbildung 5-1: GRAFCET Plan der vereinfachten Schrittkette der Betriebsart Einzelhub
[Quelle: eigene Darstellung]

3. Wartung

Die Betriebsart Wartung soll es ermöglichen, den Ablauf der Betriebsart 2-Einzelhub, schrittweise zu durchlaufen. Das Ausführen des jeweils nächsten Schritts wird mittels Einzelhub-Start-Vorrichtung ausgelöst. Fehler seitens der Sensorik/Aktorik sollen so für das Instandhaltungspersonal einfacher festzustellen sein.

4. Einrichten Linkslauf

Diese ist identisch der Betriebsart 1. Einrichten. Lediglich die Drehrichtung des Exzenters ändert sich.

Weitere Funktionen der Maschinensteuerung sind das

- Ein-/Ausschalten des Hauptmotors,
- Ansteuern des Schmierventils,
- Überwachung des Rückführkreis des Sicherheitsschaltgeräts und PSV,
- Überwachung der Druckluftversorgung,
- Überwachung des Schmiermittelfüllstands,
- Rotationsüberwachung des Massenschwungrades,
- Positions- und Nachlaufüberwachung durch Nockenschalter,
- Ausführung eines Quittiertasters und
- Statusanzeigen der Maschine.

Die Funktionen sollen so ausgelegt werden, dass Fehlbedienungen durch den Bediener weitestgehend eingegrenzt werden.

Zusammenfassend setzt der Konzeptentwurf auf eine einfach anzuwendende und kostengünstige Applikation. Ein Großteil des Funktionsumfangs wird von der bestehenden Maschinensteuerung übernommen, da sich die Funktionen über die Betriebszeit bewährt haben und kein weiterführender Aufwand, hinsichtlich Schulung und Unterweisung, für Bedienpersonen entstehen soll.

6. Ausarbeiten der Pressensteuerung

6.1. Sicherheitsfunktionen

Im folgenden Abschnitt wird die Ausarbeitung der SF, zunächst an einem Beispiel, detailliert erklärt und dann für alle weiteren SF zusammengefasst. Eine schrittweise Berechnung und Betrachtung der Sicherheitskennwerte erfolgt für die SF Not-Halt-Vorrichtung. Die detaillierte Zusammenfassung aller Kennwerte kann, falls nötig vom Autor auf Anfrage offengelegt werden, eine Kurzzusammenfassung ist in Anlage 5 zu finden.

Ein Not-Halt-Taster am Schaltschrank und ein Not-Halt-Taster am Zweihandbedienpult bilden eine getrennt voneinander wirkende SF, beide Wirken auf das PSV. In Abbildung 3-2 ist die Struktur einer dieser SF modelliert.

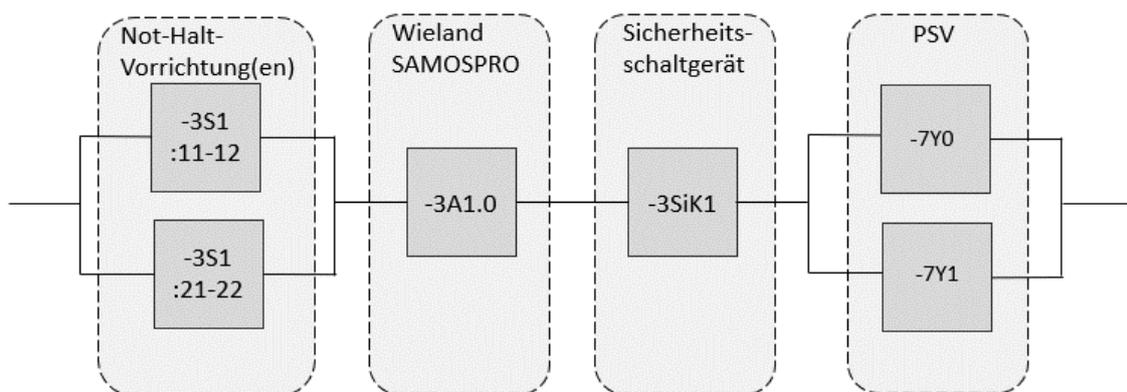


Abbildung 6-1: Modellierung der Sicherheitsfunktion Not-Halt [Quelle: eigene Darstellung]

Die schrittweise Bewertung des Systems beginnt mit dem Subsystem Eingang. Da verwendete Betriebsmittel in Abhängigkeit von ihrer Nutzungshäufigkeit verschleßen, wird der $MTTF_D$ über den B_{10D} ermittelt. Die Abschätzung der Nutzungshäufigkeit, erfolgte anhand der durchschnittlichen Zykluszeit für einen Einzelhub, plus einer Abschätzung aller weiterer Betätigungen. Die Betriebstage und Dauer der durchschnittlichen Betriebszeit pro Tag wurden, anhand der Betriebsdaten gemeldeter Stückzahlen der vergangenen Jahre ermittelt und eine Toleranz $\geq 10\%$ beaufschlagt. Tabelle 6-1 fasst die berechneten Werte zusammen.

Tabelle 6-1: Ermittlung der $MTTF_D$ verwendeter Komponenten

Komponente	M22 RMQ Titan Not-Halt/Not-Aus Taster in Kombination mit Kontaktelement M22-K01		
Herstellerdaten	B_{10D}	900.000	Zyklen
	T_M	20	Jahre
Häufigkeiten	d_{op}	250	Tage
	h_{op}	10	Stunden/Tag
	t_{Zyklus}	15	Sekunden
n_{op} ermitteln nach Gl. (1)	n_{op}	1.000	Zyklen/Jahr
$MTTF_D$ ermitteln nach Gl. (2)	$MTTF_D$	9.000	Jahre

Anhand verwendeter Komponenten wird eine Bewertung des DC , Tabelle 6-2, durchgeführt. Dabei wird der DC mit 99 % angegeben, da der Hersteller das Zwangsöffnen der Kontakte gewährleistet.

Tabelle 6-2: Bewertung des DC verwendeter Komponenten

Subsystem	Input		
Wert nach EN ISO 13849-1 Anhang E	Komponente	DC	Begründung
DC_{avg} ermitteln nach Gl. (5)	-3S1	99 %	Direkte Überwachung (z.B. elektrische Stellungsüberwachung der Steuerventile, Überwachung elektromechanischer Einheiten durch Zwangsführung)
DC Bezeichnung	DC_{avg}	Hoch	

Der $MTTF_{D, ges}$ des Subsystems Input, berechnet sich aus den $MTTF_D$ der einzelnen Kanäle nach Gl. (4). Dabei gilt zu beachten das der $MTTF_D$ in Kategorie 1, 2 und 3 auf 100 Jahre und in Kategorie 4 auf 2500 Jahre zu begrenzen ist [6, S. 77]. Einen Überblick der berechneten Werte gibt die Tabelle 6-3.

Tabelle 6-3: Berechnung $MTTF_D$ Subsystem Input

Subsystem	Input		
errechnete Werte	Komponente	$MTTF_D$	
	-3S1	9.000	Jahre
$MTTF_D$ Kanal 1		9.000	Jahre
$MTTF_D$ Kanal 2		9.000	Jahre
$MTTF_{D, ges}$ ermitteln nach Gl. (4)		100	Jahre

Eine Beurteilung der Maßnahmen gegen CCF, muss anhand der Vorgaben der Applikation, sowie der Betriebsbedingungen der Komponenten durchgeführt werden. Dabei sind für die Kategorie 3 mindestens 65 Punkte zu erreichen. Entsprechende Maßnahmen, sowie die Vergabe der Punkte sind der Tabelle 6-4 zu entnehmen.

Tabelle 6-4: Maßnahmen gegen CCF des Subsystems Input

Maßnahme gegen CCF	Für Elektronik	Punkte	Erfüllt?
Trennung zwischen den Signalpfaden	Luft- und Kriechstrecken auf gedruckten Schaltungen	15	15
Diversität	z.B. unterschiedliche Prozessoren	20	0
Schutz gegen Überspannung, Überdruck...	Schutz gegen Überspannung (z.B. Schütze, Netzteil)	15	15
Verwendung bewährter Bauteile		5	5
FMEA in der Entwicklung	FMEA bei der Konzeption des Systems	5	0
Kompetenz/Ausbildung	Qualifizierungsmaßnahme	5	5
Schutz vor Verunreinigung und EMV	EMV-Prüfung	25	25
Andere Einflüsse (u.a. Temperatur, Schock)	Einhaltung der Umweltbedingungen gemäß Produktspezifikation	10	10
CCF-Gesamt	Summe der Punktzahl ($65 \leq CCF \leq 100$):		75

Damit sind alle Schritte zur Bewertung berücksichtigt, alle Sicherheitskennwerte des Subsystems Input werden in Tabelle 6-5 zusammengefasst.

Tabelle 6-5: Zusammenfassung Subsystem Input und Ermittlung PFH_D und PL

Subsystem	Input	
MTTF _{D, ges}	100	a
DC _{avg}	99	%
Kategorie	3	
PL	e	
PFH _D	2,5E-08	1/h
CCF erfüllt?	Ja	
T _M	20	a

Im Subsystem Logik befindet sich die Sicherheitskompaktsteuerung, diese ist durch den Hersteller zertifiziert, dieser gewährleistet die, in Tabelle 6-6, angegebenen Sicherheitskennwerte.

Tabelle 6-6: Kennwerte des Subsystems Logik

Das Subsystem Output besteht aus zwei Komponenten, einmal dem Sicherheitsschaltgerät und dem PSV. Für beide Komponenten gibt der Hersteller verbindliche Sicherheitskennwerte an. Somit kann eine Zusammenfassung des Subsystems Output, Tabelle 6-7, erfolgen.

Subsystem	Logik – Wieland SamosPro	
MTTF _{D, ges}	nicht relevant	
DC _{avg}	nicht relevant	
Kategorie	4	
PL	e	
PFH _D	4,3E-09	1/h
CCF erfüllt?	nicht relevant	
T _M	20	a

Tabelle 6-7: Zusammenfassung des Subsystems Output

Subsystem	Output				
	Komponente	PL	PFH _D [1/h]	Kategorie	T _M [a]
Werte laut Hersteller	-3Si1K1	e	1,5E-09	4	20
	-7Y0/-7Y1	e	7,7E-09	4	20
MTTF _{D, ges}		nicht relevant			
DC _{avg}		nicht relevant			
Kategorie ermitteln	Kat.	4			
PFH _D ermitteln	PFH _D	9,2E-09	1/h		
CCF erfüllt?		nicht relevant			

Abschließend muss für das Gesamtsystem der PFH_D , sowie der PL ermittelt werden. Die ermittelten Kennwerte sind in Tabelle 6-8 zusammengefasst. Der PL „e“ wird erreicht. Somit ist der $PL \geq PL_r$ und alle Anforderungen der SF sind gewährleistet.

Tabelle 6-8: Zusammenfassung System Sicherheitsfunktion Not-Halt

Zusammenfassung	Sicherheitsfunktion Not-Halt	
Erforderlicher Performance Level	PL_r	e
CCF für alle Subsysteme	Erfüllt?	Ja
$PFH_{D, ges}$ ermitteln	$PFH_{D, ges}$	3,8E-08
DC_{avg} relevanter Subsysteme	DC_{avg}	99 % (hoch)
PL ermittelt aus EN ISO 13849-1 Anhang K	PL	e
$PL_r \leq PL$?	Erfüllt?	Ja

Das systematische Vorgehen zur Auslegung jeder SF, erfordert ein hohes Maß einheitlicher Dokumentation. Für diese Aufgabe wurde das Software-Assistenzprogramm SISTEMA des Instituts für Arbeitsschutz der DGUV genutzt. Der Vorteil liegt in der durchgehend konsistenten Struktur der Dokumentation, sowie automatisierte Berechnung der Kennwerte und Klassifizierung der (Sub-)Systeme. Namhafte Hersteller bieten Bibliotheken zu ihren Betriebsmitteln an. So werden systematische Fehler, bei der Recherche nach Kennwerten, begrenzt. Die Abbildung 6-2 zeigt die Struktur der zuvor entworfene SF in SISTEMA. Übergeordnet wird die SF definiert und anschließend die einzelnen Subsysteme mit deren Betriebsmitteln angelegt.

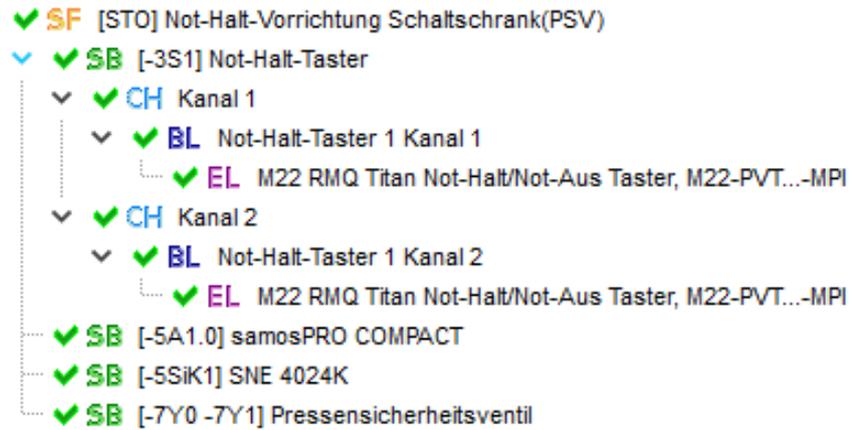


Abbildung 6-2: SISTEMA Auszug der Sicherheitsfunktion Not-Halt-Vorrichtung [Quelle: eigene Darstellung]

Im Ergebnis werden die ermittelten Kennwerte des Systems in einer Übersicht dargestellt. Ein Auszug der Übersicht ist in Abbildung 6-3 zu sehen. Zusätzlich bietet SISTEMA die Möglichkeit an, nahezu jeder Stelle weitere Dokumentationen einzufügen.

SF [STO] Not-Halt-Vorrichtung Schaltschrank(PSV)	
PLr	e
PL	e
PFHD [1/h]	3,8E-8
SB [-3S1] Not-Halt-Taster	
PL	e
PFHD [1/h]	2,5E-8
Kat.	3
MTTFD [a]	100 (Hoch)
DCavg [%]	99 (Hoch)
CCF	75 (erfüllt)
BL Not-Halt-Taster 1 Kanal 1	
MTTFD [a]	9.000 (Hoch)
DC [%]	99 (Hoch)
EL M22 RMQ Titan Not-Halt/Not-Aus Taster, M22-PVT...-MPI	
MTTFD [a]	9.000 (Hoch)
DC [%]	nicht relevant

Abbildung 6-3: SISTEMA Auszug Kennwerte Sicherheitsfunktion Not-Halt-Vorrichtung [Quelle: eigene Darstellung]

6.2. Hardware

Die Auswahl sicherheitsrelevanter Betriebsmittel erfolgte während der Arbeit zum Abschnitt 6.1. Alle weiteren Betriebsmittel wurden während der Erstellung des Stromlaufplans dimensioniert und ausgewählt. Eine detaillierte Übersicht aller Betriebsmittel kann der Anlage 6 entnommen werden. Die Anlage 6 zeigt ein Auszug der neu angefertigten Dokumentation der Maschinensteuerung. Darin ist neben der Artikelstückliste, der zugehörige Stromlaufplan, der Schaltschrankaufbau sowie der Aufbau der Bedienpulte zu finden. Bei der Auswahl wurde darauf geachtet Betriebsmittel zu verwenden, welche bereits im Lagerbestand des Unternehmens sind. Umso einerseits bewährte Bauteile zu nutzen und andererseits die Lagerkapazität für Ersatzteile so gering wie möglich zu halten.

Das Programm der Pressensteuerung wird auf einer Sicherheitskompaktsteuerung, des Herstellers Wieland, realisiert. Steuerungen des Herstellers haben sich im Unternehmen bereits in weiteren Pressen als sehr zuverlässig und komfortabel erwiesen. Wieland bietet, ähnlich wie andere Hersteller, eigens entwickelte Bibliotheken für das Sichern, Überwachen und Ansteuern von Pressen. Dafür steht ein Hauptmodul, SP-COP2-EN-P-A, mit 16 digitalen Eingänge, 4 digitalen Ausgänge und 4 konfigurierbaren digitalen Ein-/Ausgänge zur Verfügung. Erweiterungen der Ein- /Ausgänge erfolgt durch sichere Ein-/Ausgangsmodule, SP-SDIO84-P1-K-A, mit je 8 digitalen Eingängen und 4 digitalen Ausgängen.

6.3. Software

Wieland stellt die kostenlose Software, samos®PLAN6, für die Programmierung der Steuerung bereit. Die Programmoberfläche bietet ein rein grafisches Programmieren. Zu Beginn wurde die Hardwarekonfiguration und die Eingangsbelegung angelegt. Wichtig zu erwähnen ist, dass die Sicherheitskompaktsteuerung zweikanalige Eingänge direkt zu einem Eingangsblock zusammenfassen kann. Am Beispiel der Not-Halt-Taster zeigt dies die Abbildung 6-4.

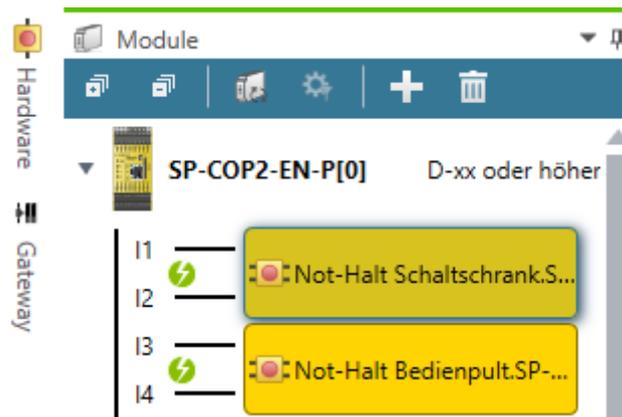


Abbildung 6-4: Auszug samos®PLAN6 der Eingangskonfiguration [Quelle: eigene Darstellung]

Die Eingänge I1 und I2 bilden den Eingangsblock „Not-Halt Schaltschrank“. Dieser wertet die Eingänge auf ihre synchrone Betätigung und Funktion aus. Gleiches gilt für die redundant ausgeführten Eingänge der Endlagenschalter, der Einzelhub-Startvorrichtung und der redundanten Ausgänge, die das Sicherheitsschaltgerät Ansteuern. Dies bringt den Vorteil mit sich, dass im Programmverlauf keine Fehler der versehentlichen einkanaligen Auswertung von zweikanaligen Betriebsmitteln auftreten kann, da diese bereits im Voraus ausgewertet werden. Die Eingangsblöcke werden anschließend mit einer Sprungmarke verknüpft, siehe Abbildung 6-5, um sie an den benötigten Stellen des Programms aufzurufen.



Abbildung 6-5: Auszug samos®PLAN6 erzeugen der Sprungmarken [Quelle: eigene Darstellung]

Für die Realisierung der Verriegelung werden die Sprungmarken mit „Reset“ Funktionsblöcken verknüpft. Der Funktionsblock „Reset“ ähnelt einem RS-Flipflop, mit dem Unterschied, dass zum Setzen eine definierte Low-High-Low Signalfolge erfolgen muss und der Zustand des Funktionsblocks über separate Ausgänge signalisiert wird. In Abbildung 6-6 ist die Verknüpfung der Eingänge für die SF Not-Halt zu sehen. Die Sprungmarke

„Freigabe.Not-Halt“ wird in alle sicherheitsrelevanten Ausgänge UND-Verknüpft eingebunden. Dadurch wird gewährleistet, dass sobald eine Not-Halt-Vorrichtung betätigt wird, alle sicherheitsrelevanten Ausgänge abgeschaltet und verriegelt werden.

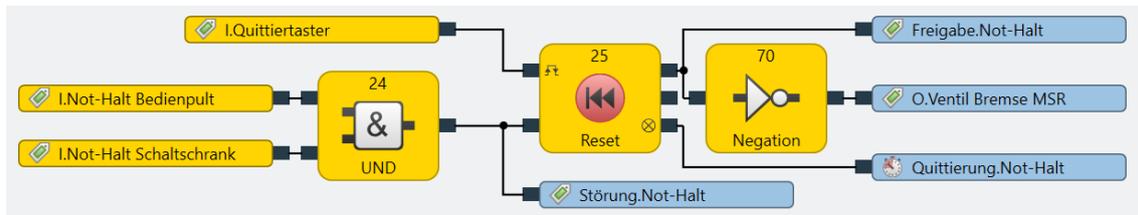


Abbildung 6-6: Auszug samos®PLAN6 Freigabe.Not-Halt [Quelle: eigene Darstellung]

Der Wiederanlaufen nach dem Lösen einer Not-Halt-Vorrichtung ist erst möglich, nachdem der Taster „Quittieren“ betätigt wurde. Dieser Aufbau wurde für alle sicherheitsrelevanten Eingänge realisiert. Die Eingänge der Schutzabschirmung werden zusätzlich zeitabhängig überwacht, tritt eine unerwartet Signalkombination auf, wird die Freigabe nach einer hinterlegten Zeitdauer entzogen. Der Funktionsbaustein „Reset“ wurde außerdem für die Auswertung weiterer Eingänge verwendet, so z.B. des Druckluftschalters.

Die Überwachung des Maschinenzustandes erfolgt durch den Funktionsbaustein „Kontaktmonitor Exzenterpresse“, den die Wieland Bibliothek explizit für Exzenterpressen bereitstellt. Dieser überwacht die zuvor definierten Freigaben-Sprungmarken, als Freigabebedingung, sowie die logische Abfolge der Nockenschalter. Drei Nockenschalter signalisieren an welcher Stelle einer Umdrehung sich die Exzenterwelle und damit an welcher Position sich der Stößel befindet. Der Ablauf der Nockenbetätigung kann der Abbildung 6-7 entnommen werden. Dabei wird der obere Totpunkt (OT) sowie der untere Totpunkt (UT) für beide Drehrichtungen überwacht. Dazu muss ergänzend ein dritter Nocken Achsensymmetrisch zur vertikalen Achse zum UT-Kontakt ausgelegt werden. Über die Nocken wird zusätzlich noch der Nachlauf der Presse um den OT überwacht. Die genaue Funktion des Funktionsblocks kann im Handbuch samos®PLAN6 Software [20] nachgelesen werden.

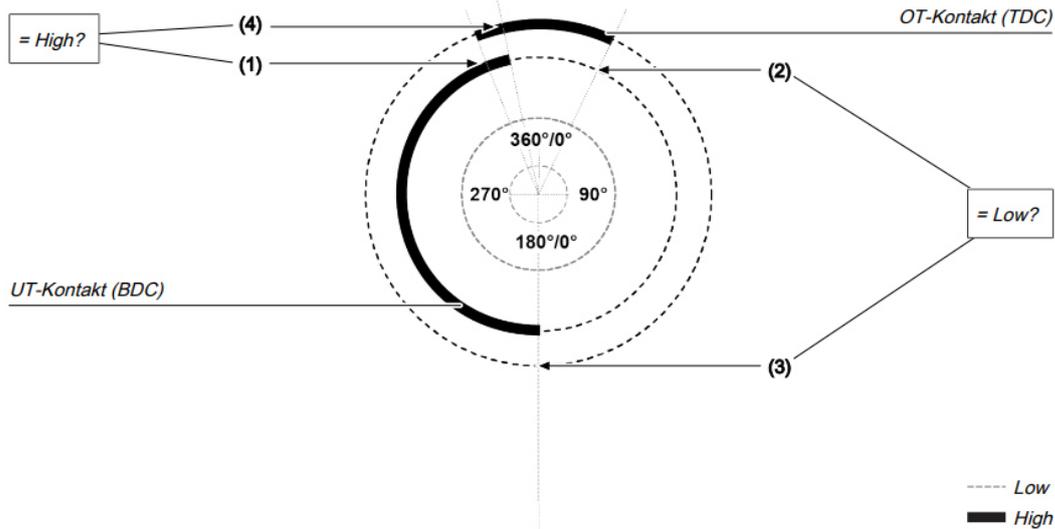


Abbildung 6-7: Ablauf der Nockenbetätigung [20, S. 263]

Für die Auswertung der Zweihandtaster sowie der sicheren Ansteuerung und Überwachung des Sicherheitsschaltgerätes wurden zertifizierte Funktionsblöcke verwendet. Diese gewährleisten unter anderem die Abfrage der synchron betätigten Zweihandtaster.

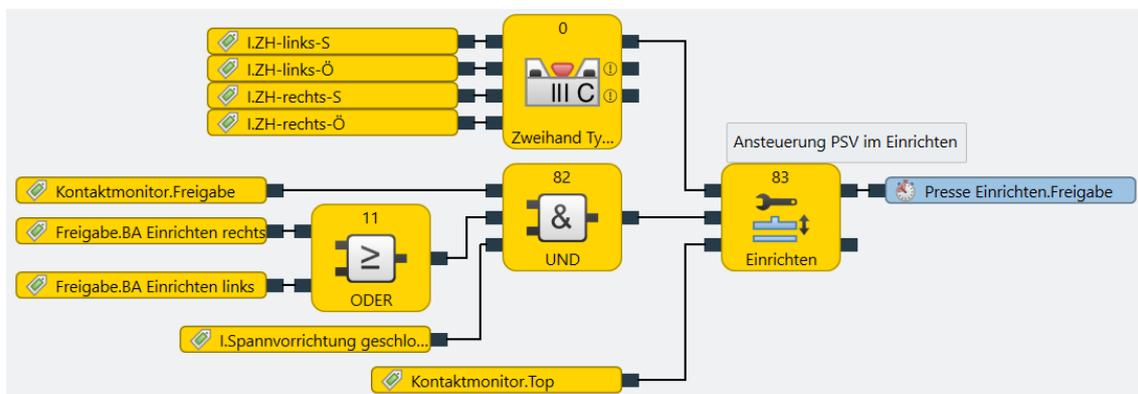


Abbildung 6-8: Programmauszug Einrichten mit Zweihandschaltung [Quelle: eigene Darstellung]

Die Abbildung 6-8 zeigt die Applikation dieser Funktionsblöcke, wichtig ist hierzu, dass dem Funktionsblock „Einrichten“ mittels Sprungmarke „Kontaktmonitor.Top“ der OT des Stößels signalisiert wird. Dadurch gewährleistet der Funktionsblock, dass nach einem durchlauf einer Hubbewegung im OT gestoppt und der Wiederanlauf verriegelt wird. Erst nach Lösen und erneutem betätigen der Zweihandschaltung wird eine weitere

Hubbewegung ausgelöst. Im Zusammenhang mit dem Schutz der Maschine ist eine sicher geschlossene Aufspannvorrichtung ein Teil der Freigabebedingungen für eine Hubbewegung. Da das Oberwerkzeug mit dem Unterwerkzeug bei der Hubbewegung eine formschlüssige Verbindung zum Klemmen des Werkstücks schafft. Ist die Aufspannvorrichtung nicht ordnungsgemäß geschlossen so würde bei einer Hubbewegung das Oberwerkzeug auf das Unterwerkzeug auffahren. Da es bei der Kollision gehärteter Werkstücke zu unkontrollierten Splittern der Werkzeuge oder dem Zerstören kraftübertragender Elemente kommen kann, muss die Position der Aufspannvorrichtung sichergestellt sein.

Die Überwachung der Rückführkontakte des Sicherheitsschaltgerätes, sowie der Ventilüberwachung des PSV, zeigt Abbildung 6-9. Tritt eine unerwartete Eingangskombination auf, führt dies zu einer Störung und dem Stillsetzen der Maschine.

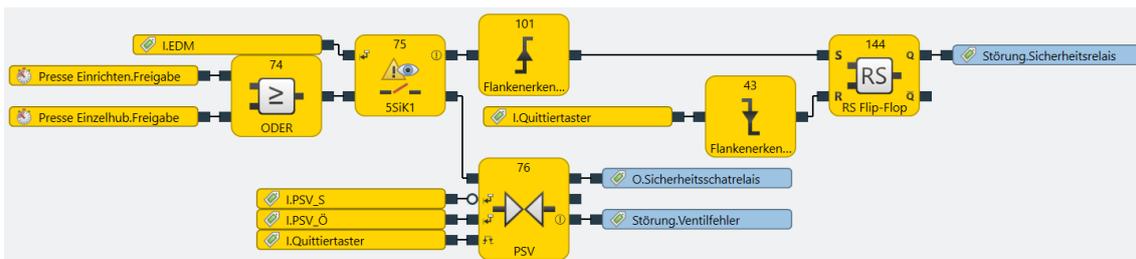


Abbildung 6-9: Programmauszug Ansteuerung und Überwachung Sicherheitsschaltgerät und Pressensicherheitsventil [Quelle: eigene Darstellung]

Eine weitere wichtige Funktion stellt der Betriebsartenwahlschalter dar, dieser gewährleistet, dass immer nur ein Eingangssignal, der gewählten Betriebsart, aktiv ist. Dies wird zusätzlich durch die Steuerung überwacht, sodass bei auftretendem Fehler, eine Auswertung erfolgt. Ist kein Kontakt aktiv oder es liegt ein Fehler vor, wechselt die Steuerung in den Betriebszustand Aus. Nach dem Ändern der Betriebsart ist immer der Quittiertaster zu betätigen, erst danach werden die Maschinenfunktionen der Betriebsart aktiv.

Das Ein- und Ausschalten des Hauptmotors, die zyklische Ansteuerung des Schmierventils, sowie die Überwachung des rotierenden Massenschwungrades wurde so programmiert, dass der Bediener den Hauptmotor erst starten kann, wenn eine Betriebsart angewählt wurde. Durch die Betriebsart wird die Drehrichtung vorgegeben. Ändert sich die

Betriebsart auf eine Betriebsart mit gleichbleibender Drehrichtung des Motors, so wird dieser auch fortlaufend angesteuert. Ist eine Drehrichtungsänderung notwendig, wird der Motor abgeschaltet und eine Zeit bis zum Stillstand des Motors abgewartet. Das Einschalten des Motors in entgegengesetzter Richtung wird so lange verriegelt, bis das Masenschwungrad stillsteht. Vor dem Anlassen des Motors wird eine Vorschmierzeit abgewartet. Während des Betriebs des Motors wird das Schmierventil zyklisch angesteuert. Zuletzt wurden die Schrittketten der Betriebsarten Einzelhub und Wartung realisiert. Im Einzelhub wird jeder Schritt zusätzlich Zeitüberwacht, sodass eine Zeitüberschreitungen durch fehlerhafte Sensorik oder Aktorik ausgewertet werden und eine Abschaltung erfolgt.

Die Anlage 7 zeigt einen Auszug der Dokumentation der erstellten Anwendungs- und Sicherheitssteuerung. Details der realisierten Funktionen können dem Funktionsplan der Anlage 7 entnommen werden.

7. Ergebnisse und Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Arbeit wurde festgestellt, dass eine konsistente sicherheitstechnische Bewertung von Altmaschinen nach der angewandten Bewertungsmethode möglich ist. Zweifelsfrei konnte bewiesen werden, dass die in dieser Arbeit analysierte Maschine, nicht das geforderte Sicherheitsniveau, nach dem Stand gültiger Normen, erfüllt. Somit ist die Hypothese aus Abschnitt 4, dass aktuelle Anforderungen an die funktionale Maschinensicherheit nicht durch die Sicherheitsfunktionen der Altmaschine gewährleistet werden, bestätigt. Demnach kann die Forschungsfrage folgendermaßen beantwortet werden:

Eine sicherheitstechnische Bewertung von Altmaschinen nach DIN EN ISO 13849-1 kann qualitativ anhand der Anforderungen der Kategorien erfolgen. Sie stößt jedoch bei der quantitativen Festlegung von Kennwerten an ihre Grenzen. Sobald Sicherheitsfunktionen von Altmaschinen als verbindungsprogrammierte Steuerung realisiert sind, lässt sich nicht, in jedem Fall, eindeutig zwischen sicherheitsrelevanten und nicht sicherheitsrelevanten Teilen der Steuerung unterscheiden. Sodass eine Ermittlung quantitativer Kennwerte nicht konsistent möglich ist.

Damit die Altmaschine Forderungen aktueller Normen gewährleistet, wurden Änderungen im Bereich verwendeter Betriebsmittel für sicherheitsrelevante Einrichtungen und deren redundante Ausführung geplant. Weiterhin wurde eine Dokumentation eindeutiger Kennwerte jeder Sicherheitsfunktion erstellt. Dies umfasst außerdem die Bewertung angewandeter Maßnahmen gegen Fehler gemeinsamer Ursache und Maßnahmen zur Fehlererkennung. Für diese Änderungen wurden Lösungsvarianten auf Basis unterschiedlicher Technologien verglichen und auf ihre Funktionalität, Anwenderfreundlichkeit und deren Funktionsumfang bewertet. Daraus hervorgehend wurde ein Lösungskonzept für die neu zu realisierende Maschinensteuerung erarbeitet. Auf Basis des Lösungskonzepts wurde eine neue Maschinensteuerung entworfen. Als Ergebnis dieser Arbeit liegt eine umfangreiche Dokumentation mit einer Bedienungsanleitung, Stromlaufplänen, Artikelstücklisten, Aufbauplänen und einer Bewertung aller Sicherheitsfunktionen vor. Hinzu kommt das Programm der Sicherheitskompaktsteuerung mit entsprechender Dokumentation.

Abschließend bleibt abzuwarten, ob das erstellte Projekt sich nach der Realisierung bewährt. Ausgewählte Sicherheitsfunktionen und Betriebsmittel stellen dabei eine untergeordnete Rolle dar. Eher das Programm könnte bisher versteckte Mängel aufzeigen und Funktionen nicht wie geplant ausführen. Daher gilt es vor der Inbetriebnahme der Maschine die Funktionen der Steuerung umfassend zu überprüfen und zu verifizieren.

Rückblickend auf das Thema der Arbeit wäre es interessant herauszufinden, welchen Ansatz Firmen, die auf das Thema Retrofit von Altmaschinen spezialisiert sind, verfolgen, wenn es um sicherheitsrelevante Teile zur Risikominderung geht. Vorrangig wären die Sorgfalt und der Umgang mit der dazugehörigen Dokumentation von Interesse.

Mit den Erkenntnissen dieser Arbeit könnte ein weiteres Forschungsthema das Untersuchen der Anwendungsmöglichkeiten von 3D-Kamerasystemen für Gefährdungsbereiche bis PL „e“ sein. Dabei stellt sich die Frage ob und wie diese Systeme angewendet werden können.

Literatur

- [1] Dipl.-Ing. Jörg Rohland, Dipl.-Ing. (FH) Frank Semmler, Dipl.-Ing. Peter Blau, *Unfallverhütung an Pressen: Pressensicherheit*, 5. Aufl. Berlin: Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG, 2022.
- [2] *Richtlinie 2006/42/EG Des europäischen Parlamentes und des Rates: Maschinenrichtlinie*, Europäische Union, Mai. 2006. [Online]. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:157:0024:0086:de:PDF>
- [3] *§ 5 BetrSichV - Einzelnorm*. [Online]. Verfügbar unter: https://www.gesetze-im-internet.de/betrnichv_2015/_5.html (Zugriff am: 25. August 2023).
- [4] *ArbSchG - Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/arb-schg/BJNR124610996.html#BJNR124610996BJNG000500000> (Zugriff am: 4. Januar 2024).
- [5] *DIN EN ISO 12100:2011-03, Sicherheit von Maschinen - Allgemeine Gestaltungsleitsätze - Risikobeurteilung und Risikominderung (ISO 12100:2010); Deutsche Fassung EN ISO 12100:2010*, Berlin.
- [6] *DIN EN ISO 13849-1:2016-06 Sicherheit von Maschinen - Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen - Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze*, Berlin, Jun. 2016.
- [7] Berufsgenossenschaft Holz und Metall, "Gefährdungsbeurteilungen: Hilfestellung für die Ermittlung von Gefährdungen" [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bghm.de/arbeitsschuetzer/gefahrdungsbeurteilungen>
- [8] Wieland Electric GmbH, *Funktionale Sicherheit: Praxishandbuch für EN ISO 12100 und EN ISO 12849-1&2 und deren Anwendungen*.
- [9] Eaton Electric GmbH, *Sicherheitshandbuch: Sicherheitstechnik an Maschinen und Anlagen gemäß den internationalen Normen EN ISO 13849-1 und EN IEC 62061*.
- [10] FORUM VERLAG HERKERT GMBH, *Muster Gefährdungsbeurteilung*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.forum-verlag.com/downloads/detail/id/107/arbeitshilfe/muster-gefahrdungsbeurteilung>.
- [11] Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V., *DGUV Grundsatz 311-003: Erstellen von Handlungshilfen zur Gefährdungsbeurteilung*. [Online]. Verfügbar unter: <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/3676>.

- [12] M. Hauke, M. Schaefer und R. Apfeld, *Funktionale Sicherheit von Maschinensteuerungen: - Anwendung der DIN EN ISO 13849 -*, 3. Aufl. St. Augustin: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Institut für Arbeitsschutz, 2017. [Online]. Verfügbar unter: <https://edocs.tib.eu/files/e01fn18/1015724450.pdf>
- [13] LVD International, Hg., "Instruktieboek DVDF100: Uitgave 1996 - Versie B", 8560 Gullegem, Belgien, 1996.
- [14] IFA, "Zusammenhang zwischen Typ einer BWS und SIL/PL (Information des IFA)" [Online]. Verfügbar unter: https://www.dguv.de/m Medien/ifa/de/pr/bws_sil_pl/infao_bws_sil_pl.pdf
- [15] Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V., *DGUV Information 209-208: Einrichten von Pressen*. 10117 Berlin, 2022. [Online]. Verfügbar unter: www.dguv.de/publikationen
- [16] Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V., *Schmiedepressen/Schmiedehämmer: Schutz vor Bewegungen im Werkzeugeinbauraum*. FBHM-089. Berlin, 2021.
- [17] Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V., *Manipulation von Schutzeinrichtungen: Verhindern, Erschweren, Erkennen*. FBHM-022. Berlin, 2021.
- [18] Pilz GmbH, *Nachlaufmessung - Pilz DE*. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.pilz.com/de-DE/support/lexicon/articles/231033> (Zugriff am: 7. Dezember 2023).
- [19] *DIN EN ISO 13857:2020-04, Sicherheit von Maschinen_ - Sicherheitsabstände gegen das Erreichen von Gefährdungsbereichen mit den oberen und unteren Gliedmaßen (ISO_13857:2019); Deutsche Fassung EN_ISO_13857:2019*, Berlin.
- [20] Wieland Electric GmbH, *samosPLAN6 Software Handbuch: Dok.-Nr. BA000967*, 2022. [Online]. Verfügbar unter: https://samosplan6.wieland-electric.com/samosplan6/manuals/Handbuch_samosPLAN_BA000967_DE.pdf

Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Übersicht der Kategorien nach DIN EN ISO 13849-1 [6]

Anlage 2: Übersichtszeichnung der DVD F 100 [13]

Anlage 3: Risikobeurteilung der DVD F 100

Anlage 4: Stromlaufplan der alten Maschinensteuerung der DVD F 100

Anlage 5: Kurzzusammenfassung SISTEMA Dokumentation

Anlage 6: Auszug der Dokumentation der DVD F 100

Anlage 7: Auszug der samosPlan6 Dokumentation

Übersicht verwendeter Hilfsmittel und Danksagung

Software-Assistent SISTEMA

Erstellen und dokumentieren der Sicherheitsfunktionen.

<https://www.dguv.de/ifa/praxishilfen/praxishilfen-maschinenschutz/software-sistema/index.jsp>

Nutzungszeitraum: 07.09.2023-12.01.2024

EPLAN Electric P8 2023

Erstellen von Stromlaufplänen, Artikelstücklisten, Klemmplänen und Aufbauplänen.

<https://www.eplan.de/>

Nutzungszeitraum: 09.10.2023-19.01.2024

SAMOS®PLAN 6

Erstellen des Programms der Maschinensteuerung

<https://www.wieland-electric.com/de/support/software-apps/samos-plan-6/>

Nutzungszeitraum: 07.09.2023-12.01.2024

rechtschreibpruefung24

Prüfen von Rechtschreibung und Grammatik.

<https://rechtschreibpruefung24.de/>

Nutzungszeitraum: 18.12.2023-22.01.2024

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denjenigen bedanken, die mich während der Anfertigung dieser Bachelorarbeit unterstützt und begleitet haben.

Zuerst gebührt mein Dank meiner beiden Prüfer und Betreuer, dem Herr Prof. Dr.-Ing. Marcel Benecke und Herr Dipl.-Ing. (FH) Mathias Jobs. Die mich mit hilfreichen Anregungen und konstruktiver Kritik bei der Erstellung dieser Arbeit unterstützt haben.

Des Weiteren bedanke mich bei meiner guten Freundin Elisa Weidel für das Korrekturlesen meiner Arbeit.

Abschließend möchte ich mich bei meiner Frau, meinen Eltern und meinen Schwiegereltern, die mir in der Zeit meines Studiums stets mit einem offenen Ohr zur Seite standen, herzlich bedanken.

Max Hofmann

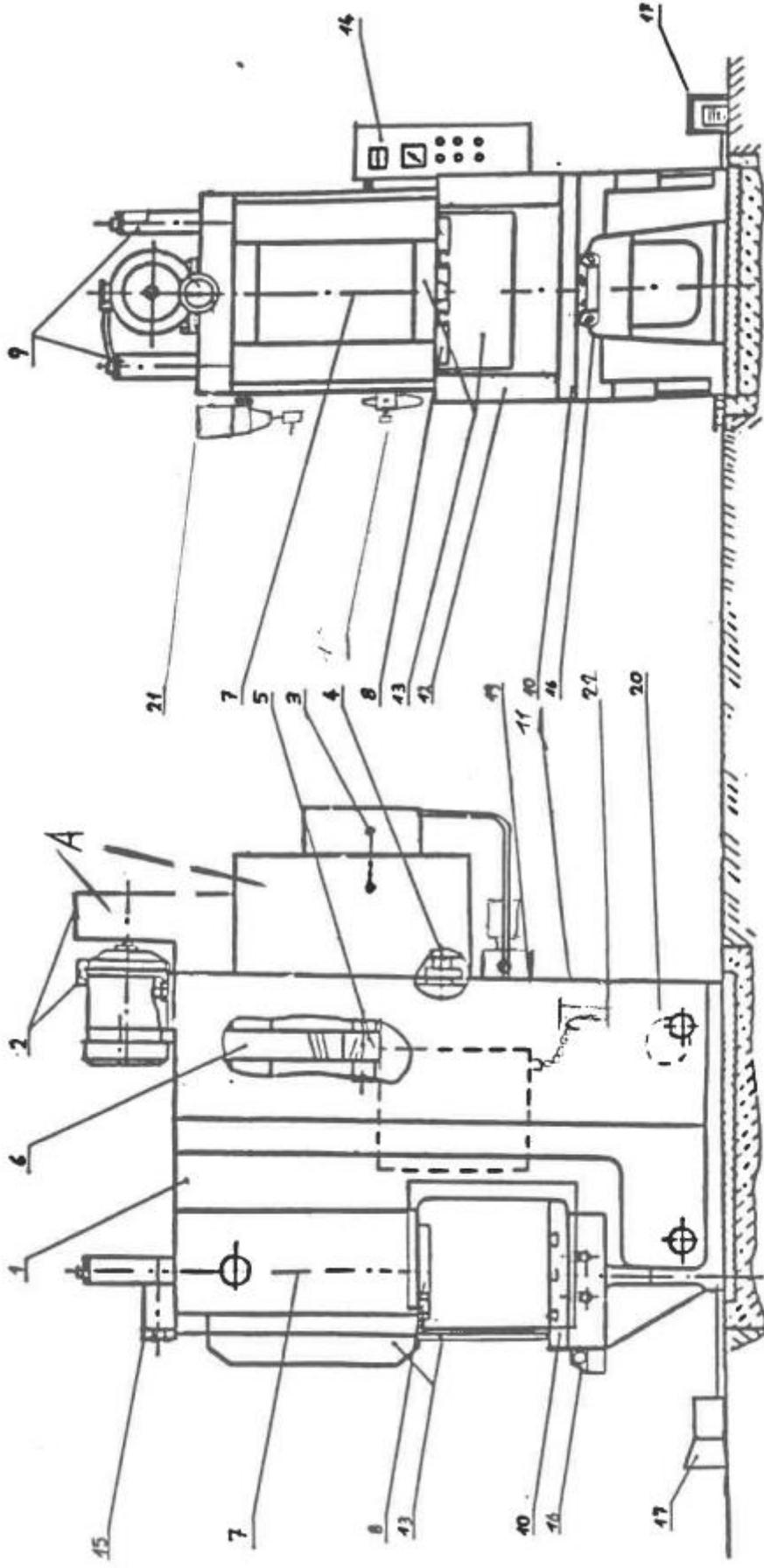
Magdeburg, 26.01.2024

Kategorie	Zusammenfassung der Anforderungen	Systemverhalten	MTTF _D jedes Kanals	DC _{avg}	CCF
B	SRP/CS und/oder ihre Schutzeinrichtungen sowie ihre Bauteile müssen in Übereinstimmung mit den zutreffenden Normen so gestaltet, gebaut, ausgewählt, zusammgebaut und kombiniert werden, dass sie den zu erwartenden Einflüssen standhalten können. Grundlegende Sicherheitsprinzipien müssen verwendet werden	Das Auftreten eines Fehlers kann zum Verlust der Sicherheitsfunktion führen.	niedrig bis mittel	keine	nicht relevant
1	Die Anforderungen von B müssen erfüllt sein. Bewährte Bauteile und bewährte Sicherheitsprinzipien müssen angewendet werden.	Das Auftreten eines Fehlers kann zum Verlust der Sicherheitsfunktion führen, aber die Wahrscheinlichkeit des Auftretens ist geringer als in Kategorie B.	hoch	keine	nicht relevant
2	Die Anforderungen von B und die Verwendung bewährter Sicherheitsprinzipien müssen erfüllt sein. Die Sicherheitsfunktion muss in geeigneten Zeitabständen durch die Maschinensteuerung getestet werden.	Das Auftreten eines Fehlers kann zum Verlust der Sicherheitsfunktion zwischen den Tests führen. Der Verlust der Sicherheitsfunktion wird durch den Test erkannt.	niedrig bis hoch	niedrig bis mittel	CCF ≥ 65 Punkt
3	Die Anforderungen von B und die Verwendung bewährter Sicherheitsprinzipien müssen erfüllt sein. Sicherheitsbezogene Teile müssen so gestaltet werden, dass: — ein einzelner Fehler in jedem dieser Teile nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion führt, und — wenn immer in angemessener Weise durchführbar, der einzelne Fehler erkannt wird.	Wenn ein einzelner Fehler auftritt, bleibt die Sicherheitsfunktion immer erhalten. Einige, aber nicht alle Fehler werden erkannt. Eine Anhäufung von unerkannten Fehlern kann zum Verlust der Sicherheitsfunktion führen.	niedrig bis hoch	niedrig bis mittel	CCF ≥ 65 Punkt
4	Die Anforderungen von B und die Verwendung bewährter Sicherheitsprinzipien müssen erfüllt sein. Sicherheitsbezogene Teile müssen so gestaltet werden, dass: — ein einzelner Fehler in jedem dieser Teile nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion führt, und — der einzelne Fehler bei oder vor der nächsten Anforderung der Sicherheitsfunktion erkannt wird, aber wenn diese Erkennung nicht möglich ist, darf eine Anhäufung von unerkannten Fehlern nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion führen.	Wenn ein einzelner Fehler auftritt, bleibt die Sicherheitsfunktion immer erhalten. Die Erkennung von Fehleranhäufungen reduziert die Wahrscheinlichkeit des Verlustes der Sicherheitsfunktion (hohe DC). Die Fehler werden rechtzeitig erkannt, um einen Verlust der Sicherheitsfunktion zu verhindern.	hoch	hoch, einschließlich der Fehleranhäufung	CCF ≥ 65 Punkt

Anlage 2: Allgemeine Darstellung der DVD F 100 [14]

1. Maschinenkörper
2. Hauptmotor und Abdeckung der Antriebsriemen
3. Massenschwungrad und Brems-Kupplungs-Kombination
4. Bremse des Massenschwungrad
5. Antriebswelle und Kettenrad
6. Zahnrad und Exzenterwelle
7. Pleul und Einstellkolben
8. Stößel
9. Ausgleichszylinder
10. Arbeitstisch
11. Feste Heckabschirmung
12. seitliche bewegliche Schutztüren
13. vordere bewegliche Schutztür und Schutzabschirmung
14. Schaltschrank, Bedienfeld und Schalter
15. Nockenschalter und Positionsanzeige
16. Zweihandbedienpult
17. Fußschalter
18. Luftdruckregler
19. Pressensicherheitsventil
20. Druckluftbehälter
21. Schmiermittelpumpe
22. Sicherheitsständer

Der Fußschalter, Bezeichnungsnummer 17, wurde zurückgebaut und gegen einen Pilztaster, links neben dem Zweihandbedienpult, zur Auslösung eines Arbeitszyklus ersetzt.

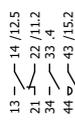
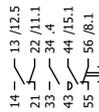
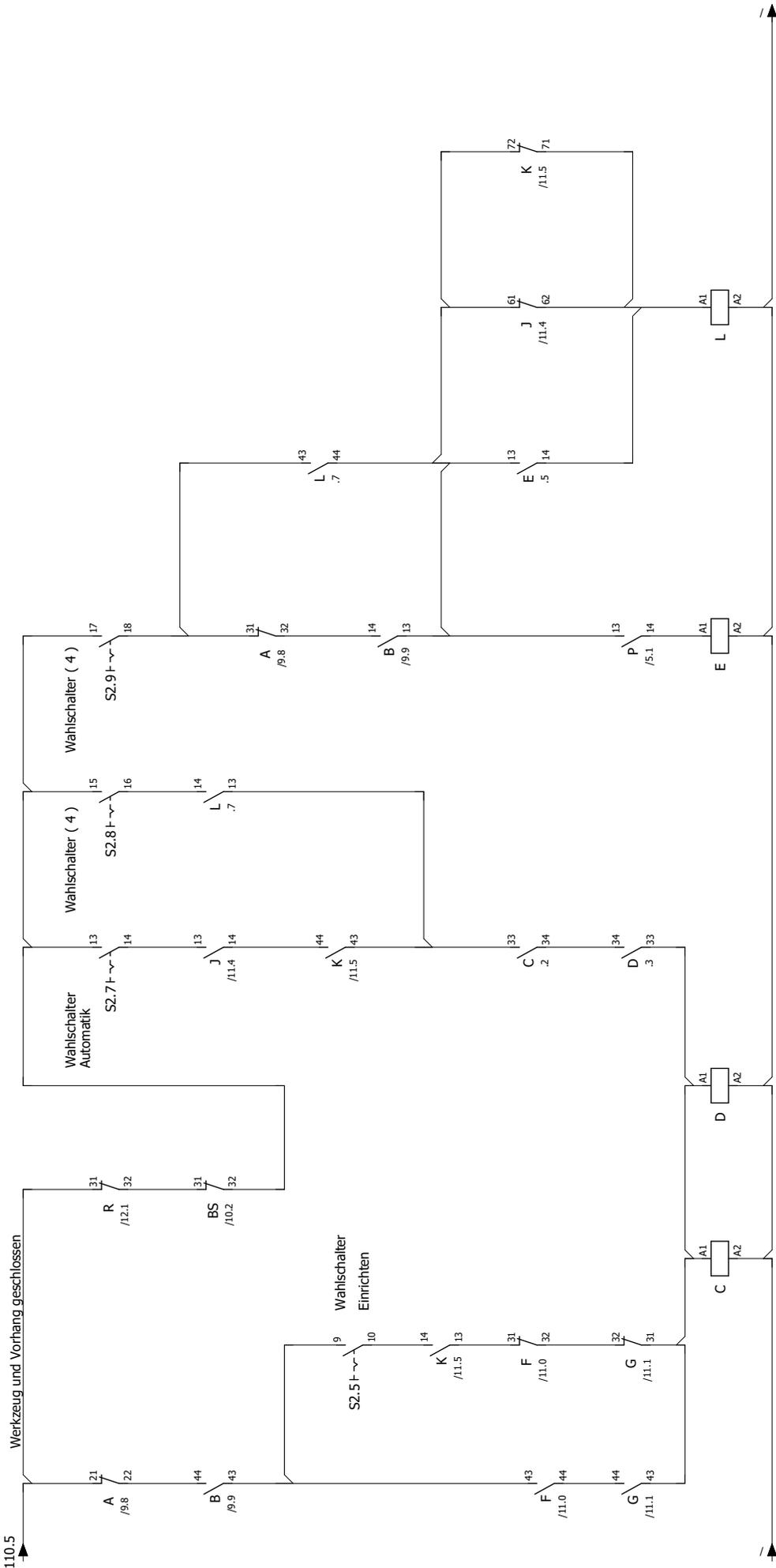


Gefährungsbeurteilung und festgelegte Schutzmaßnahmen nach ArbSchG § 6				
Arbeitsbereich: Presserei		Verantwortlicher: Ltr. Presserei		
Name und Standort der Maschine/Anlage: Exzenterpresse DVD F 100		Halle 1.1		
Datum: 15.08.2023				
Ermittlung und Dokumentation von Gefährdungen:				
Nr.	Vorhanden	Gefährdung	Schutzmaßnahme	weitere Infos
1. Mechanische Gefährdungen				
1.1	Ja	<ul style="list-style-type: none"> • Quetsch- und Scherfahren von Körperteilen durch das Pressenwerkzeug • Quetsch- und Scherfahren von Körperteilen durch die Aufspannvorrichtung sowie an sonstigen bewegten Teilen 	<ul style="list-style-type: none"> • Presse entsprechend der Arbeitsaufgabe und Pressenausführung von Presseneinrichter einrichten lassen • Einrichten der Presse und Einstellen der Betriebsart darf nur durch beauftragten Presseneinrichter erfolgen • Missbräuchliche Benutzung durch Abziehen des Schlüssels am Betriebsartwahlschalter verhindern • Arbeiten im Pressenraum bei Störungen erst vornehmen, nachdem eine Ausschaltvorrichtung betätigt wurde • Betriebsanweisung erstellen und für alle Bediener zugänglich Aushängen • Bediener müssen mindestens 18 Jahre alt sein (Ausnahmen > 16 Jahre, für Ausbildungszwecke unter Aufsicht eines Fachkundigen und mit sicherem Werkzeug) • Tragen geeigneter Arbeitsschutzbekleidung 	<ul style="list-style-type: none"> • DGUV Information 209-008 Einrichten von Pressen • DGUV Information 211-010 Sicherheit durch Betriebsanweisungen • DGUV Information 211-005 Unterweisung

Risikobeurteilung und festlegen von Sicherheitsfunktionen nach DIN EN ISO 13849-1:									
Nr.	Schadensausmaß (leicht, schwer, tödlich)	Eintrittswahrscheinlichkeit (gering, mittel, hoch)	S	F	P	PL _r	Begründung	Risikominderung notwendig?	Lösung / Schutzfunktion
1. Mechanische Gefährdungen									
1.1	tödlich	hoch	S2	F2	P2	e	<p>S2: irreversible schwere bis tödliche Verletzungen</p> <p>F2: hohe Häufigkeit und Dauer der Gefährdung durch zyklische Einlegearbeiten im Bearbeitungsraum und ständigen Kontakt mit erwärmten Teilen</p> <p>P2: Vermeidung der Gefährdung bzw. Verringerung der Eintrittswahrscheinlichkeit kaum möglich</p>	Ja	<p>Risikominderung durch Steuerungssystem</p> <ul style="list-style-type: none"> • kraftbetätigte überwachte Schutztüren mit el. Verriegelung • kraftbetätigte bewegliche Abschirmung mit el. Verriegelung • Typ III-Zweihandschaltung (auch mit Grob-Taster möglich) • Not-Halt-Vorrichtung • Verriegelbarer Betriebsartenwahlschalter
	leicht	sehr hoch	S1	F2	P2	c	<p>S1: Leichte (üblicherweise reversible) Verletzungen</p> <p>F2: Häufig bis dauernd und/oder lange Dauer der Exposition</p> <p>P2: Vermeidung der Gefährdung kaum möglich</p>	Ja	<ul style="list-style-type: none"> • Öffnende Wirkung der Sicherheitsfunktionen auf die Aufspannvorrichtung

Anlage 4: Stromlaufplan der alten Maschinensteuerung der DVD F 100

15.0
110.4
Steuerspannung nach Reset Vorhang



Kupplung

Datum		Schraubenwerk Zerst GmbH		Steuerung		15	
Bearb. EWE		LVD Kletterbohlenpresse,		=		+	
Gepr. 22.01.2024		Ersf. ab 12/19		Bl.		14	
Name		Ersf.		Bl.		16 Bl.	
Datum		Unspr.		Bl.		16 Bl.	

Anlage 5: Kurzzusammenfassung SISTEMA Dokumentation

Sicherheitsfunktion	Subsystem	PL _r ≤ PL	Erforderlicher PL		PFH _{D, ges} 1/h	Kategorie	MTTF _{D, ges} a	DC _{avg} %	DC _{avg}	CCF Punkte	Erfüllt ?
			PL _r	PL							
Zweihandschaltung		ja	e	e	3,8E-08						
Wirkung auf PSV	Input			e	2,5E-08	3	100	99	Hoch	75	ja
	Logik			e	4,3E-09	4	n.r.		n.r.		n.r.
	Output			e	9,2E-09	4	n.r.		n.r.		n.r.
Kraftbetätigte Schutztür links		ja	e	e	1,4E-08						
Wirkung auf PSV	Input			e	9,1E-10	4	2.500	99	Hoch	75	ja
	Logik			e	4,3E-09	4	n.r.		n.r.		n.r.
	Output			e	9,2E-09	4	n.r.		n.r.		n.r.
Kraftbetätigte Schutztür links		ja	c	c	2,3E-06						
Wirkung auf Aufspannvorrichtung	Input			e	9,1E-10	4	2.500	99	Hoch	75	ja
	Logik			e	4,3E-09	4	n.r.		n.r.		n.r.
	Output			c	2,2E-06	1	100		n.r.		n.r.
Kraftbetätigte Schutztür rechts		ja	e	e	1,4E-08						
Wirkung auf PSV	Input			e	9,1E-10	4	2.500	99	Hoch	75	ja
	Logik			e	4,3E-09	4	n.r.		n.r.		n.r.
	Output			e	9,2E-09	4	n.r.		n.r.		n.r.
Kraftbetätigte Schutztür rechts		ja	c	c	2,3E-06						
Wirkung auf Aufspannvorrichtung	Input			e	9,1E-10	4	2.500	99	Hoch	75	ja
	Logik			e	4,3E-09	4	n.r.		n.r.		n.r.
	Output			c	2,2E-06	1	100		n.r.		n.r.
Kraftbetätigte Schutztür vorn		ja	e	e	1,4E-08						
Wirkung auf PSV	Input			e	9,1E-10	4	2.500	99	Hoch	75	ja
	Logik			e	4,3E-09	4	n.r.		n.r.		n.r.
	Output			e	9,2E-09	4	n.r.		n.r.		n.r.
Kraftbetätigte Schutztür vorn		ja	c	c	2,3E-06						
Wirkung auf Aufspannvorrichtung	Input			e	9,1E-10	4	2.500	99	Hoch	75	ja
	Logik			e	4,3E-09	4	n.r.		n.r.		n.r.
	Output			c	2,2E-06	1	100		n.r.		n.r.
Not-Halt-Vorrichtung 1		ja	e	e	3,8E-08						
Wirkung auf PSV	Input			e	2,5E-08	3	100	99	Hoch	75	ja
	Logik			e	4,3E-09	4	n.r.		n.r.		n.r.
	Output			e	9,2E-09	4	n.r.		n.r.		n.r.
Not-Halt-Vorrichtung 1		ja	c	c	2,3E-06						
Wirkung auf Aufspannvorrichtung	Input			e	2,5E-08	3	100	99	Hoch	75	ja
	Logik			e	4,3E-09	4	n.r.		n.r.		n.r.
	Output			c	2,2E-06	1	100		n.r.		n.r.
Not-Halt-Vorrichtung 2		ja	e	e	3,8E-08						
Wirkung auf PSV	Input			e	2,5E-08	3	100	99	Hoch	75	ja
	Logik			e	4,3E-09	4	n.r.		n.r.		n.r.
	Output			e	9,2E-09	4	n.r.		n.r.		n.r.
Not-Halt-Vorrichtung 2		ja	c	c	2,3E-06						
Wirkung auf Aufspannvorrichtung	Input			e	2,5E-08	3	100	99	Hoch	75	ja
	Logik			e	4,3E-09	4	n.r.		n.r.		n.r.
	Output			c	2,2E-06	1	100		n.r.		n.r.

Anlage 5: Kurzzusammenfassung SISTEMA Dokumentation

Sicherheitsfunktion	Subsystem	PL _r ≤ PL	Erforderlicher PL		PFH _{D, ges} 1/h	Kategorie	MTTF _{D, ges} a	DC _{avg} %	DC _{avg} Punkte	CCF Erfüllt ?
			PL _r	PL						
bewegliche Schutzabschirmung		ja	e	e	9,8E-08					
Wirkung auf PSV	Input			e	8,50E-08	4	33,3	99	Hoch	75 ja
	Logik			e	4,3E-09	4	n.r.		n.r.	n.r.
	Output			e	9,2E-09	4	n.r.		n.r.	n.r.
bewegliche Schutzabschirmung		ja	c	c	2,4E-06					
Wirkung auf	Input			e	8,50E-08	4	33,3	99	Hoch	75 ja
Aufspannvorrichtung	Logik			e	4,3E-09	4	n.r.		n.r.	n.r.
	Output			c	2,2E-06	1	100		n.r.	n.r.

Anlage 6: Auszug der Dokumentation der DVD F 100

F26_001



Schraubenwerk Zerbst GmbH

Altbuchsland 22
D-39261 Zerbst/Anhalt - Germany
Tel. +49 (0)3923/713-200

Firma / Kunde SWZ
Projektname LVD DVD F 100
Projektbeschreibung Stromlaufplan Exzenterpresse
Projektnummer 20231009

Hersteller (Firma) LVD
Typ DVD F 100
Baujahr 1996
Standort Halle 1.1 Presserei
Einspeisung 1 UVT6 / 5.1-5.3
Spannung Hauptstromkreis 400 V (einschließlich 230 V)
Spannung Hauptstromkreis 24 V

Erstellt am 09.10.2023
Bearbeitet am 22.01.2024 von (Kürzel) M.HOFMANN

Anzahl der Seiten 63

Änderung		Datum	Name	Urspr.	Gepr.	Bearb.	Datum	Stromlaufplan Exzenterpresse LVD DVD F 100		Schraubenwerk Zerbst GmbH		Titel- / Deckblatt		=		+		Blatt		Seite	
							16.11.2023	M.HOFMANN		Schraubenwerk Zerbst GmbH		20231009		1		1		1		63	

Anlage 6: Auszug der Dokumentation der DVD F 100 Artikelstückliste

F01_001

Betriebsmittelkennzeichen	Menge	Bezeichnung	Typnummer	Lieferant	Artikelnummer
+SLP-3A1.0	1	Kompakt Sicherheitssteuerung samosPRO	SP-COP2-ENP-A	WIE	WIE.R1.190.1230.0
+SLP-4A1.1	1	Modulare Sicherheitssteuerung samosPRO 2AVDC	SP-SDI084-PI-KA-DC 24V	WIE	WIE.R1.190.0030.0
+SLP-5A1.2	1	Modulare Sicherheitssteuerung samosPRO 2AVDC	SP-SDI084-PI-KA-DC 24V	WIE	WIE.R1.190.0030.0
+SLP-6A1.3	1	Modulare Sicherheitssteuerung samosPRO 2AVDC	SP-SDI084-PI-KA-DC 24V	WIE	WIE.R1.190.0030.0
+SLP-4B2	1	Induktiver Sensor	IGA3005-BPKG/US-100-DPS	IFM	IFM-IG5554
+SLP-4B3	1	Induktiver Sensor	IGA3005-BPKG/US-100-DPS	IFM	IFM-IG5554
+SLP-4B4	1	Induktiver Sensor	IGA3005-BPKG/US-100-DPS	IFM	IFM-IG5554
+SLP-4B5	1	Induktiver Sensor	IGA3005-BPKG/US-100-DPS	IFM	IFM-IG5554
+SLP-5B6	0				
+SLP-5B7	0				
+SLP-8E1	0				
+SLP-1F1	1	Motorschutzschalter, 3-polig, I _n = 10 - 16 A, Schraubanschluss	PZM0-16	ETN	ETN-PKZM0-16
+SLP-1F10	1	FI/LS Kombination, 16 A, 30 mA, LS-Charakteristik: C, 3p, FI-Charakteristik: A	FRBMK-CI 6/3/003-A	ETN	ETN-FRBMK-CI 6/3/003-A
+SLP-1F11	1	FI/LS Kombination, 16 A, 30 mA, LS-Charakteristik: C, 3p, FI-Charakteristik: A	FRBMK-CI 6/3/003-A	ETN	ETN-FRBMK-CI 6/3/003-A
+SLP-2F2	1	Leitungsschutzschalter, 3 A, 3p, Charakteristik: B	FAZT-B3/3	ETN	ETN-FAZT-B3/3
+SLP-2F2	1	Leitungsschutzschalter, 16A, 3p, E-Char	PLS6-B16/3-GV	ETN	ETN-PLS6-B16/3-GV
+SLP-2F3	1	STOP PSE2000	6EP1961-2BA41	SIE	SIE-6EP1961-2BA41
+SLP-4K2	1	Relaismodul	PLC-RSC- 24DC/21		PXC2966171
+SLP-4K4	1	Relaismodul	PLC-RSC- 24DC/21		PXC2966171
+SLP-4K5	1	Relaismodul	PLC-RSC- 24DC/21		PXC2966171
+SLP-8K6	1	Relaismodul	PLC-RSC- 24DC/21		PXC2966171
+SLP-1M1	1	DSAM 400/690 V 15,5/9,0 A 1960 1/min 7,5 kW		VEH motors GmbH	VEH.0010FK10R
+SLP-5P0	1	Leuchtelement, LED, grün, Frontbefestigung, 12 - 30 V AC/DC, Schraubanschluss	M22-LED-G	ETN	ETN.M22-LED-G
+SLP-5P1	1	Leuchtelement, LED, rot, Frontbefestigung, 12 - 30 V AC/DC, Schraubanschluss	M22-LED-R	ETN	ETN.M22-LED-R
+SLP-5P2	1	Leuchtelement, LED, blau, Frontbefestigung, 12 - 30 V AC/DC, Schraubanschluss	M22-LED-B	ETN	ETN.M22-LED-B
+SLP-5P3	1	Leuchtelement, LED, rot, Frontbefestigung, 12 - 30 V AC/DC, Schraubanschluss	M22-LED-R	ETN	ETN.M22-LED-R
+SLP-6P4	1	Leuchtelement, LED, blau, Frontbefestigung, 12 - 30 V AC/DC, Schraubanschluss	M22-LED-B	ETN	ETN.M22-LED-B
+SLP-6P5	1	Leuchtelement, LED, grün, Frontbefestigung, 12 - 30 V AC/DC, Schraubanschluss	M22-LED-G	ETN	ETN.M22-LED-G
+SLP-6P6	1	Leuchtelement, LED, weiß, Frontbefestigung, 12 - 30 V AC/DC, Schraubanschluss	M22-LED-W	ETN	ETN.M22-LED-W
+SLP-PE	1	Erdungsschiene, horizontal	DK.711.3000		RT.711.3000
+SLP-3Q1	1	Leistungsschutz, 3p+1S, 11kW/400V/AC3	DLM25-10(RDC24)	EATON	ETN.DLM25-10(RDC24)
+SLP-3Q2	1	Leistungsschutz, 3p+1S, 11kW/400V/AC3	DLM25-10(RDC24)	EATON	ETN.DLM25-10(RDC24)
+SLP-8Q10	1	Leistungsschutz, 3p+1S, 11kW/400V/AC3	DLM25-10(RDC24)	EATON	ETN.DLM25-10(RDC24)
+SLP-8Q11	1	Leistungsschutz, 3p+1S, 11kW/400V/AC3	DLM25-10(RDC24)	EATON	ETN.DLM25-10(RDC24)
+SLP-150	1	Hauptschalter, 3 Pol + N + 1 N/o + 1 n/c, 40 A	PI-40/EA5V8/N/H11		ETN.199897
+SLP-351	1	NOT-HALT/AUS-Taste, d = 38 mm, drehtenigelt, unbeleuchtet	M22-PVT	ETN	ETN.M22-PVT
+SLP-351	2	Kontaktelement 1 Öffner, Frontbefestigung, Schraubanschluss	M22-K01	ETN	ETN.M22-K01
+SLP-351	1	Befestigungsadapter, Frontbefestigung für 3 Kontakte/LED-Elemente	M22-A	ETN	ETN.M22-A
+SLP-4518	1	Sicherheitsenschalter, 1NC/1NO, Rollenstößel	D4B-4171N	Omron	OMR.D4B-4171N
+SLP-4519	1	Sicherheitsenschalter, 1NC/1NO, Rollenstößel	D4B-4171N	Omron	OMR.D4B-4171N
+SLP-558	1	Stufenschalter, Kontakte: 4, 20 A, Frontschild: 0-4, 45 °, 4 Stufen 45°, rastend, Einbau	T0-2-8242/E	ETN	ETN.T0-2-8242/E
+SLP-659	1	Drucktaste, flach, grün, rastend	M22-DR-G	ETN	ETN.M22-DR-G
+SLP-659	1	Kontaktelement 1 Schließer, Frontbefestigung, Schraubanschluss	M22-K10	ETN	ETN.M22-K10
+SLP-659	1	Befestigungsadapter, Frontbefestigung für 3 Kontakte/LED-Elemente	M22-A	ETN	ETN.M22-A
+SLP-6510	1	Drucktaste, flach, rot, rastend	M22-DR-R	ETN	ETN.M22-DR-R
+SLP-6510	1	Kontaktelement 1 Öffner, Frontbefestigung, Schraubanschluss	M22-K01	ETN	ETN.M22-K01
+SLP-6510	1	Befestigungsadapter, Frontbefestigung für 3 Kontakte/LED-Elemente	M22-A	ETN	ETN.M22-A
+SLP-6511	1	Drucktaste, flach, weiß, rastend	M22-DR-W	ETN	ETN.M22-DR-W
+SLP-6511	1	Kontaktelement 1 Schließer, Frontbefestigung, Schraubanschluss	M22-K10	ETN	ETN.M22-K10
+SLP-6511	1	Befestigungsadapter, Frontbefestigung für 3 Kontakte/LED-Elemente	M22-A	ETN	ETN.M22-A
+SLP-8512	1	Wahltaete, Knobel, 2 Stellungen, schwarz, tastend	M22-WK	ETN	ETN.M22-WK
+SLP-8512	1	Befestigungsadapter, Frontbefestigung für 3 Kontakte/LED-Elemente	M22-A	ETN	ETN.M22-A
+SLP-8512	1	Kontaktelement 1 Schließer, Frontbefestigung, Schraubanschluss	M22-K10	ETN	ETN.M22-K10
+SLP-35K1	1	Erweiterungsgerät für Besigerteile in Sicherheitsanwendungen	SNE-402-1K-A DC 24V	WIE	WIE.R1.188.3930.0
+SLP-2T2	1	STOP PSUB200 3ph 24 V/20 A	6EP3436-8S800-0A00		SIE-6EP3436-8S800-0A00

+8AAAB1/1.a

1.a

Änderung	Datum	Name	Urspr.	Ersetzt durch
	22.01.2024	M.HOFMANN		
		Gepr.		
Stromlaufplan Exzenterpresse LVD DVD F 100				Ersetzt durch
Schraubenwerk Zerbst GmbH				Artikelstückliste
=				+ ASL
20231009				
				Blatt
				6 / 63
				Seite

Anlage 6: Auszug der Dokumentation der DVD F 100

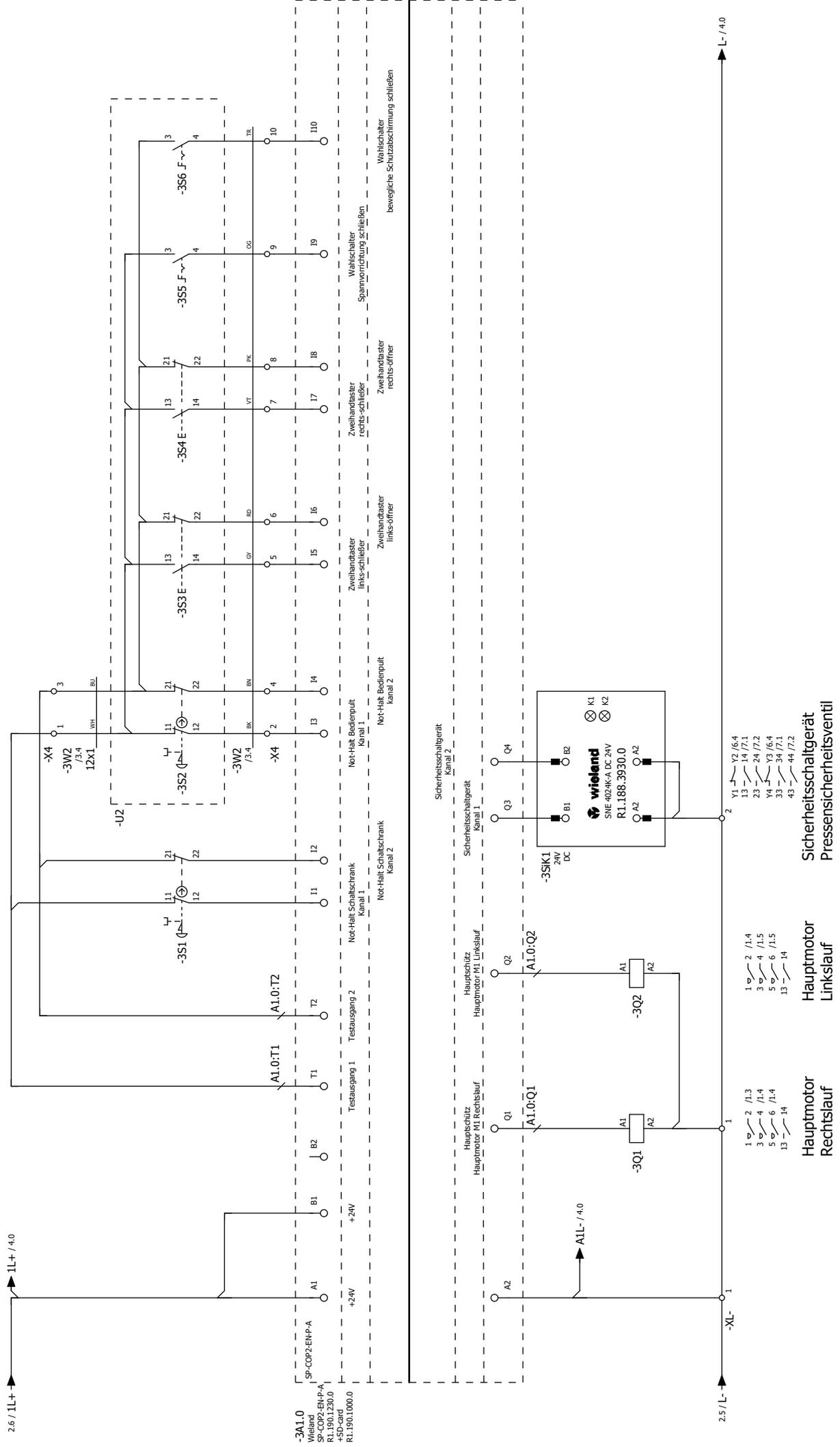
Artikelstückliste

F01_001

Betriebsmittelkennzeichen	Menge	Bezeichnung	Typnummer	Lieferant	Artikelnummer
+SLP-U2	1	Zweihandbedienpult Leergehäuse	SEP05.3.L.22	Schmersal	SCHM.SEP05.3.L.22
+SLP-U2-352	1	NOT-HALT/AUS-Taste, d = 38 mm, drehtriegelgt, unbedeutet	M22-PVT	ETN	ETN.M22-PVT
+SLP-U2-352	2	Kontaktelement 1 Öffner, Frontbefestigung, Schraubanschluss	M22-K01	ETN	ETN.M22-K01
+SLP-U2-352	1	Befestigungsadapter, Frontbefestigung für 3 Kontak/LED-Elemente	M22-A	ETN	ETN.M22-A
+SLP-U2-353	1	RDP - Schlagtaeter Grün	RDP40GN	Schmersal	SCHM.101.188287
+SLP-U2-353	1	Kontaktelement 1S	RF03	Schmersal	SCHM.101.190087
+SLP-U2-353	1	Kontaktelement 10	RF10	Schmersal	SCHM.101.190086
+SLP-U2-354	1	Montageflansch für Kontaktelemente	EFM	Schmersal	SCHM.101.19388
+SLP-U2-354	1	RDP - Schlagtaeter Grün	RDP40GN	Schmersal	SCHM.101.188287
+SLP-U2-354	1	Kontaktelement 1S	RF03	Schmersal	SCHM.101.190087
+SLP-U2-354	1	Kontaktelement 10	RF10	Schmersal	SCHM.101.190086
+SLP-U2-355	1	Montageflansch für Kontaktelemente	EFM	Schmersal	SCHM.101.19388
+SLP-U2-355	1	Wahltaete, Knebel, 2 Stellungen, schwarz, lastend	M22-WK	ETN	ETN.M22-WK
+SLP-U2-355	1	Befestigungsadapter, Frontbefestigung für 3 Kontak/LED-Elemente	M22-A	ETN	ETN.M22-A
+SLP-U2-355	1	Kontaktelement 1 Schließer, Frontbefestigung, Schraubanschluss	M22-K10	ETN	ETN.M22-K10
+SLP-U2-356	1	Wahltaete, Knebel, 2 Stellungen, schwarz, lastend	M22-WK	ETN	ETN.M22-WK
+SLP-U2-356	1	Befestigungsadapter, Frontbefestigung für 3 Kontak/LED-Elemente	M22-A	ETN	ETN.M22-A
+SLP-U2-356	1	Kontaktelement 1 Schließer, Frontbefestigung, Schraubanschluss	M22-K10	ETN	ETN.M22-K10
+SLP-U3	1	Zweihandbedienpult (getrennt)	SEP09.0.1.0.2Z95	Schmersal	SCHM.SEP09.0.1.0.2Z95
+SLP-U3-657	1	RDP - Schlagtaeter Grün	RDP40GN	Schmersal	SCHM.101.188287
+SLP-U3-657	1	Kontaktelement 1S	RF03	Schmersal	SCHM.101.190087
+SLP-U3-657	1	Kontaktelement 10	RF10	Schmersal	SCHM.101.190086
+SLP-U3-657	1	Montageflansch für Kontaktelemente	EFM	Schmersal	SCHM.101.19388
+SLP-X10	0				
+SLP-X11	0				
+SLP-7Y0	0				
+SLP-7Y2	0				
+SLP-7Y3	0				
+SLP-7Y4	1	Magnetventil			FES.163761
+SLP-7Y5	1	Magnetventil	CPEI8-M2H-3GL-1/4		FES.163761
+SLP-3aS13	1	magnetischer Sicherheitsschalter ohne LED	PSENm1.1p-10/PSENL.1-10		PIUZ.506411
+SLP-3aS14	1	magnetischer Sicherheitsschalter ohne LED	PSENm1.1p-10/PSENL.1-10		PIUZ.506411
+SLP-3aS15	1	magnetischer Sicherheitsschalter ohne LED	PSENm1.1p-10/PSENL.1-10		PIUZ.506411
+SLP-3aS16	1	magnetischer Schutzschalter mit LED	PSENm2.1p-31/PSENZ.1-10		PIUZ.506408
+SLP-3aS17	1	magnetischer Schutzschalter mit LED	PSENm2.1p-31/PSENZ.1-10		PIUZ.506408
=CAD+SA-U1	1	Kompakt-Schaltschrank AX	AX.1091000		RTT.1091000
=CAD+SA-U1	1	Schalplatttasche aus Stahlblech	AX.2515300		RTT.2515300

Anlage 6: Auszug der Dokumentation der DVD F 100

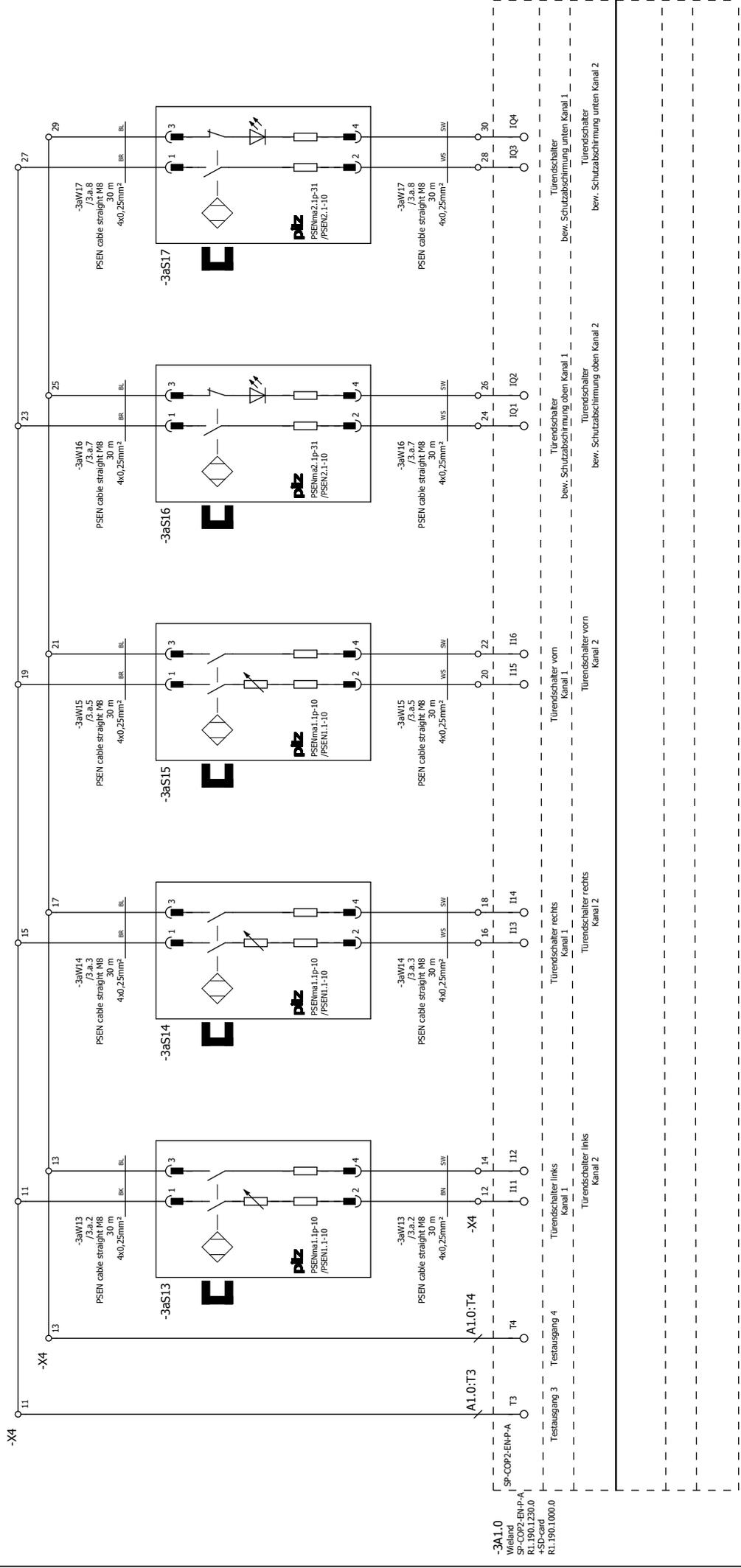
Not-Halt-Taster Schaltschrank Not-Halt-Taster Bedienpult Zweihandtaster Bedienpunkt links Zweihandtaster Bedienpunkt rechts Spannvorrichtung schließen Schutzabschirmung schließen



2	Datum	22.01.2024	Stromlaufplan Exzenterpresse	Schraubenwerk Zerbst GmbH	Steuerstromkreis - Not-Halt Zweihandtaster	3.a
	Bearb.	M.HOFMANN	LVD DVD F 100	Bedienpult		
	Gepr.					
	Urspr.		Ersetzt durch			
Änderung	Datum	Name	Essatz von			
					20231009	
					= + SUP	
					Blatt	3
					Seite	10 / 63

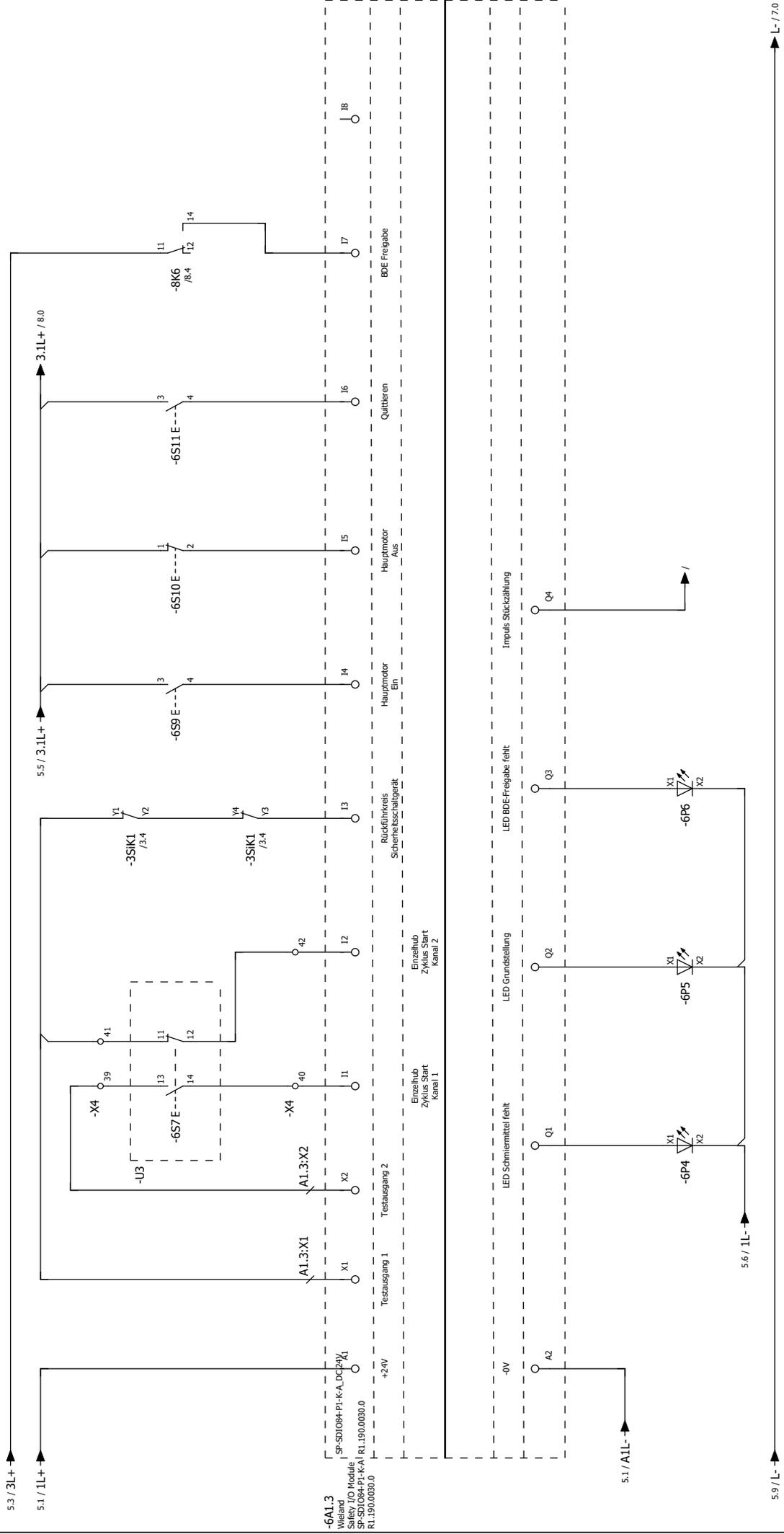
Anlage 6: Auszug der Dokumentation der DVD F 100

Türendschalter Bedienerseitig links
Türendschalter Bedienerseitig rechts
Türendschalter Bedienerseitig vorn
Türendschalter Schutzabschirmung oben
Türendschalter Schutzabschirmung unten

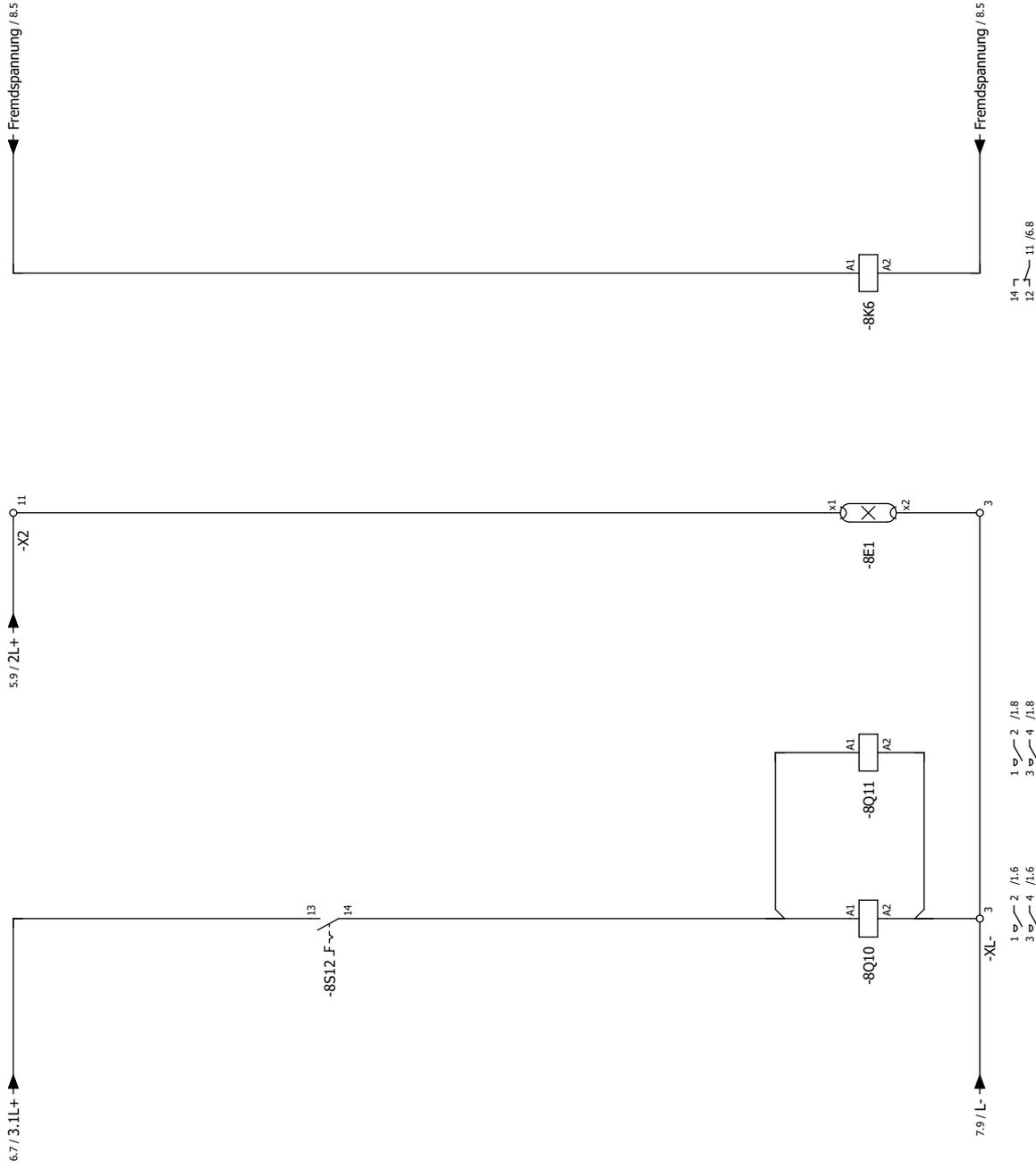


Anlage 6: Auszug der Dokumentation der DVD F 100

Einzelhub Zyklusstart-Taster Rückführkreis Sicherheitsschaltgerät Hauptmotor Ein Hauptmotor Aus Quittiertaster



Anlage 6: Auszug der Dokumentation der DVD F 100



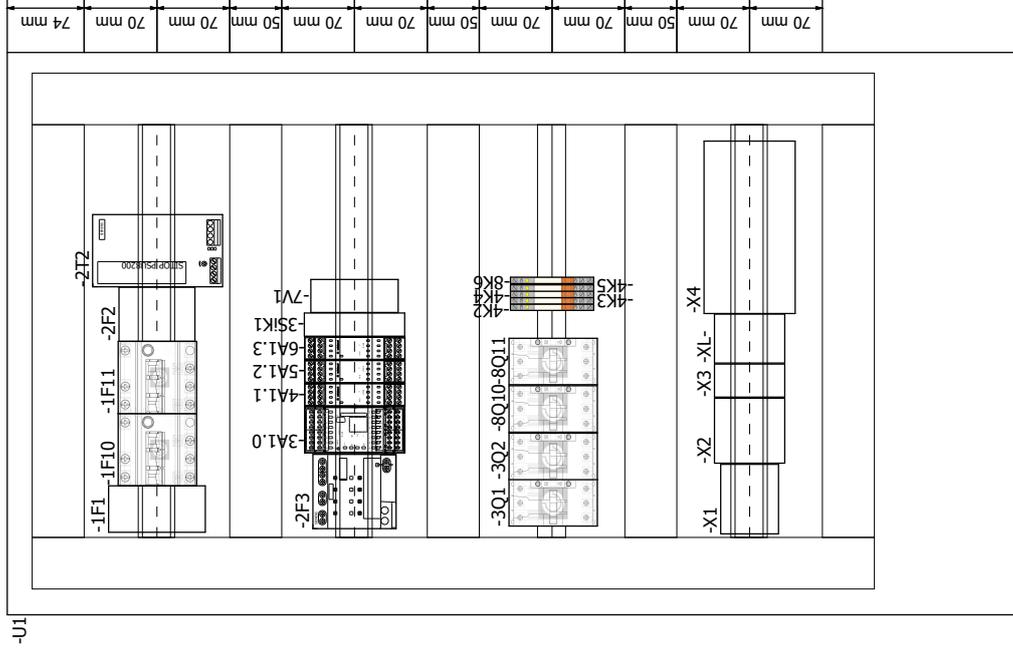
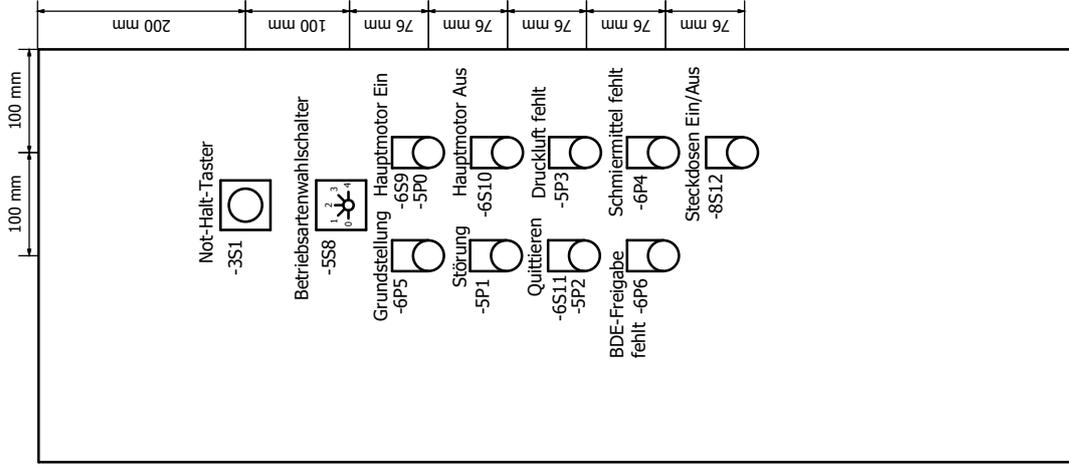
Hauptschütze für
16 A CEE-Steckdosen

Maschinenleuchte

BDE-Freigabe
Angemeldet = HIGH

7		9	
Anderung		=	
Datum	22.01.2024	Steuerstromkreis - Bänder Maschinenleuchte	
Bearb.	M.HOFMANN	BDE-Freigabe	
Gepr.		20231009	
Urspr.		Blatt 8	
Name		Seite 16 / 63	
Ersatz von		Ersetzt durch	
Stromlaufplan Exzenterpresse LVD DVD F 100		Schraubenwerk Zerbst GmbH	
		Angemeldet = HIGH	

Anlage 6: Auszug der Dokumentation der DVD F 100

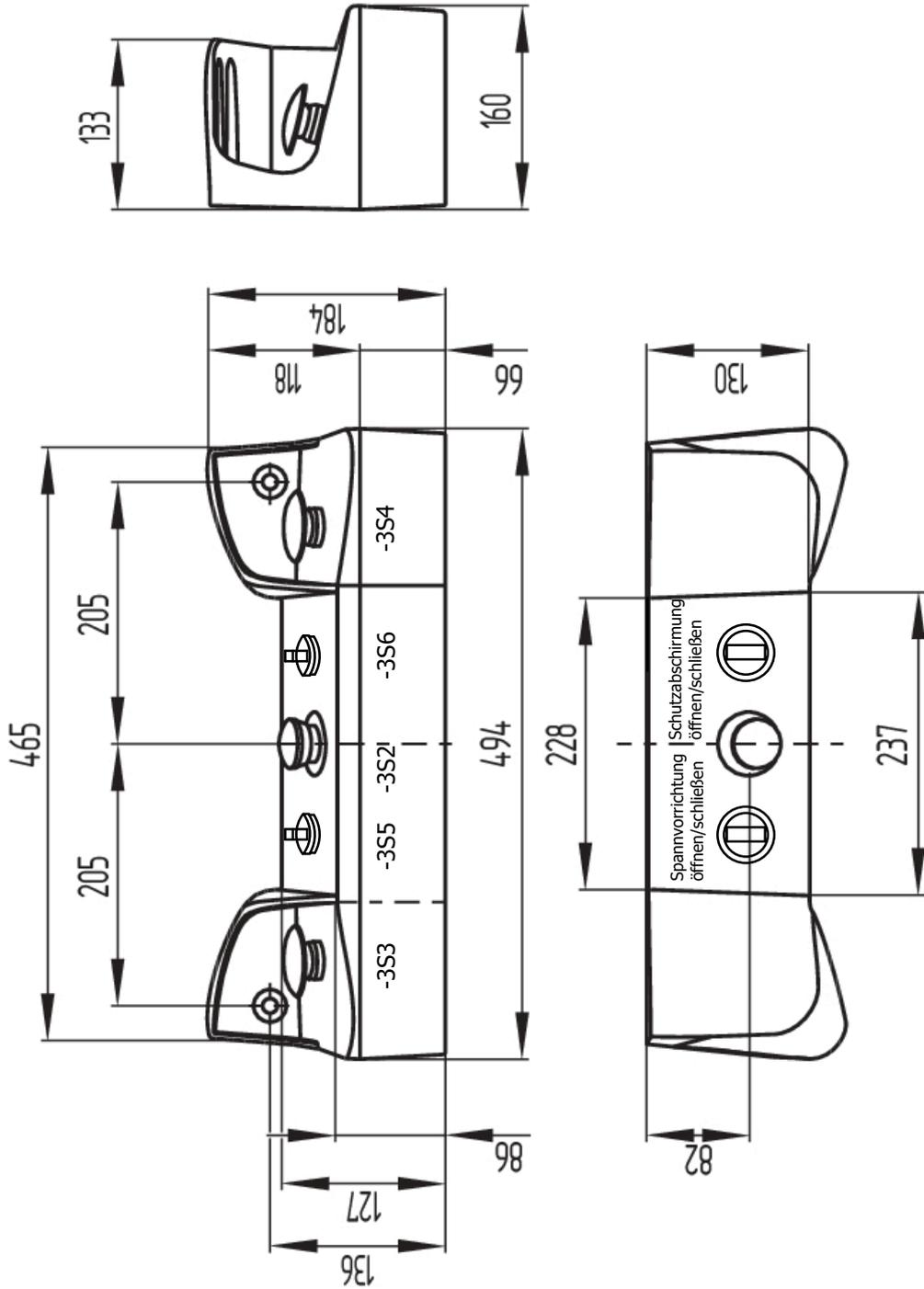


= +SK/1

+BPZH/2

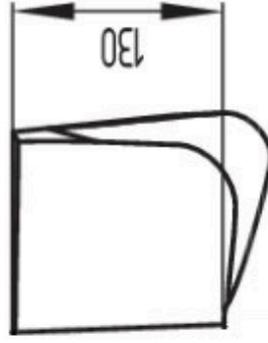
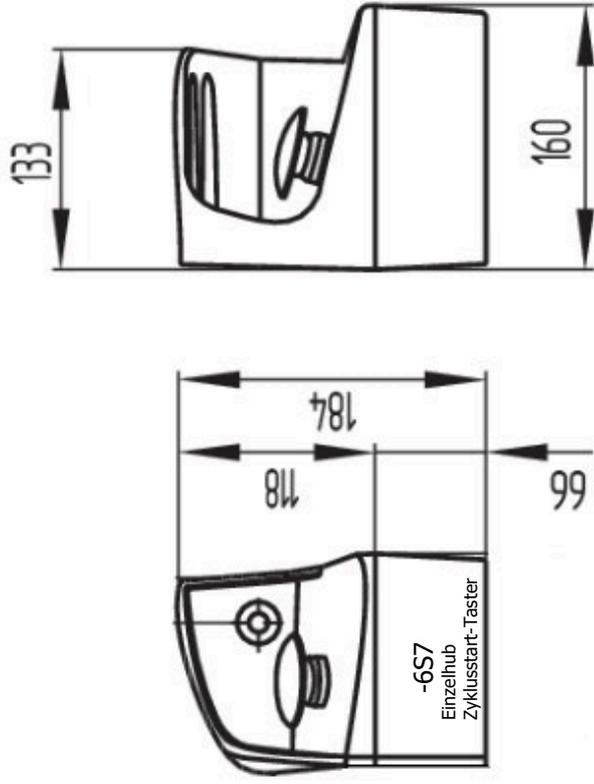
Datum	22.01.2024	Stromaufplan Exzenterpresse		Schraubenwerk Zerbst GmbH		Schaltschrankaufbau		= CAD
Bearb.	M.HOFMANN	LVD DVD F 100		20231009				+ SA
Gepr.		Ersatz von		Ersetzt durch				
Urspr.								
Name								
Datum								
Blatt	1							
Seite	23 / 63							

Anlage 6: Auszug der Dokumentation der DVD F 100



+SA/1		+BPZ5/3	
Datum	22.01.2024	= CAD + BPZH	
Bearb.	M.HOFMANN	20231009	
Gepr.		Blatt 2	
Urspr.		Seite 24 / 63	
Stromlaufplan Exzenterpresse LVD DVD F 100		Schraubenwerk Zerbst GmbH	
Ersatz von		Zweihandbedienpult	
Ersetzt durch			

Anlage 6: Auszug der Dokumentation der DVD F 100



+BPZH/2		=KLP+KAP/1	
Datum		= CAD	
22.01.2024		+ BPCS	
Bearb.		20231009	
M.HOFMANN		Blatt 3	
Gepr.		Seite 25 / 63	
Urspr.			
Name		Ersetzt durch	
Datum		Stromlaufplan Exzenterpresse	
		LVD DVD F 100	
		Ersatz von	
		Schraubenwerk Zerbst GmbH	
		Zyklusstart-Taster	

samos®PLAN6



Schraubenwerk Zerbst GmbH

**Altbuchsland 22
39261 Zerbst/Anhalt
Deutschland**

**Verifiziert
Abschlussbericht**

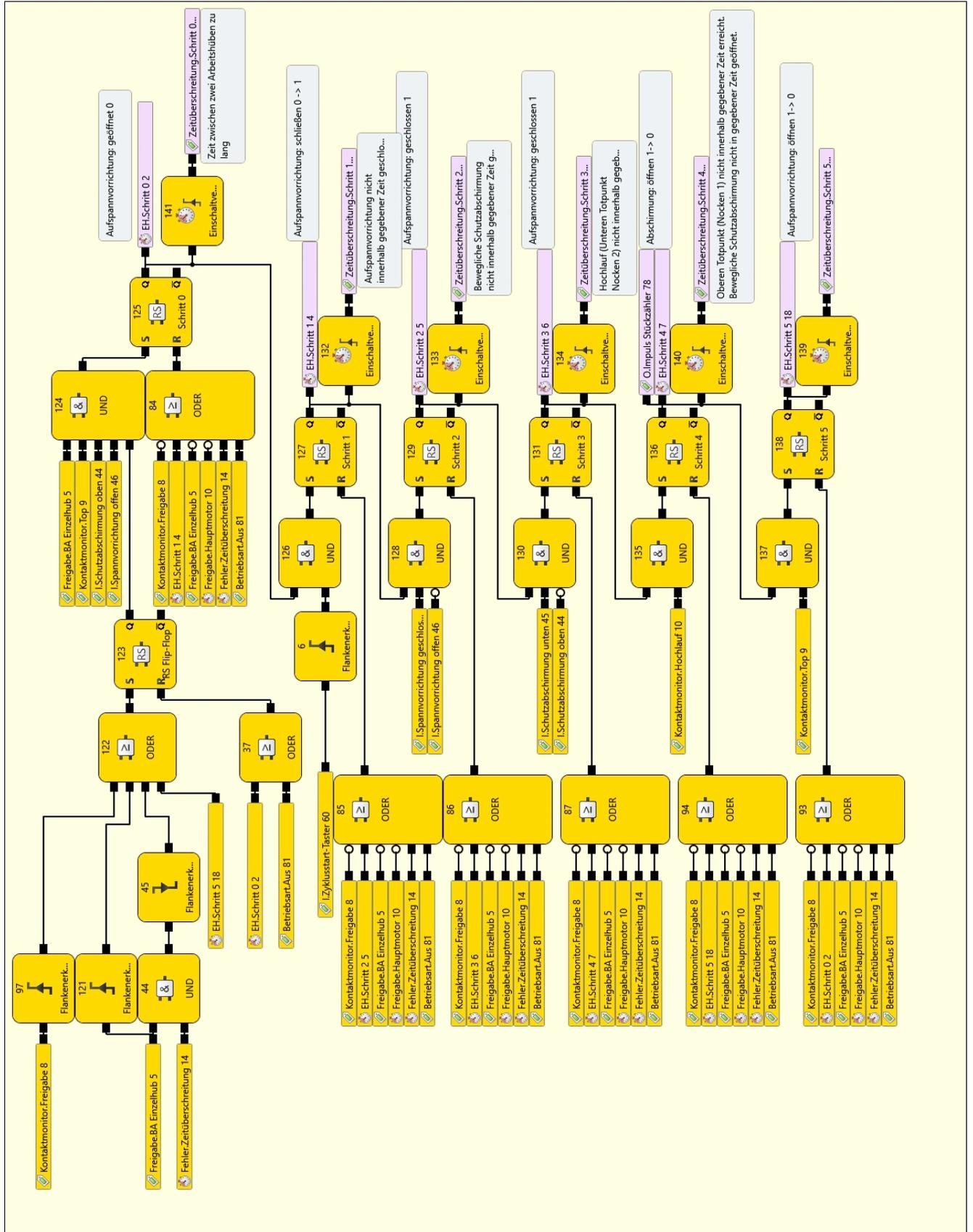
**Projekt: LVD DVD F 100
Dateiname: LVD DVD F 100.spf
Applikationsname: Maschinensteuerung LVD DVD F
100
Kunde: Schraubenwerk Zerbst GmbH
CRC Steuerung 1: 0x1426a3b4
Erstellung des Berichts: 22.01.2024 11:04:17**

**Projekt Beschreibung:
Maschinensteuerung einer 100t Exzenterpresse**

Benutzer	Datum/Zeit	Notiz
	16.10.2023 08:08:44	Erstellt

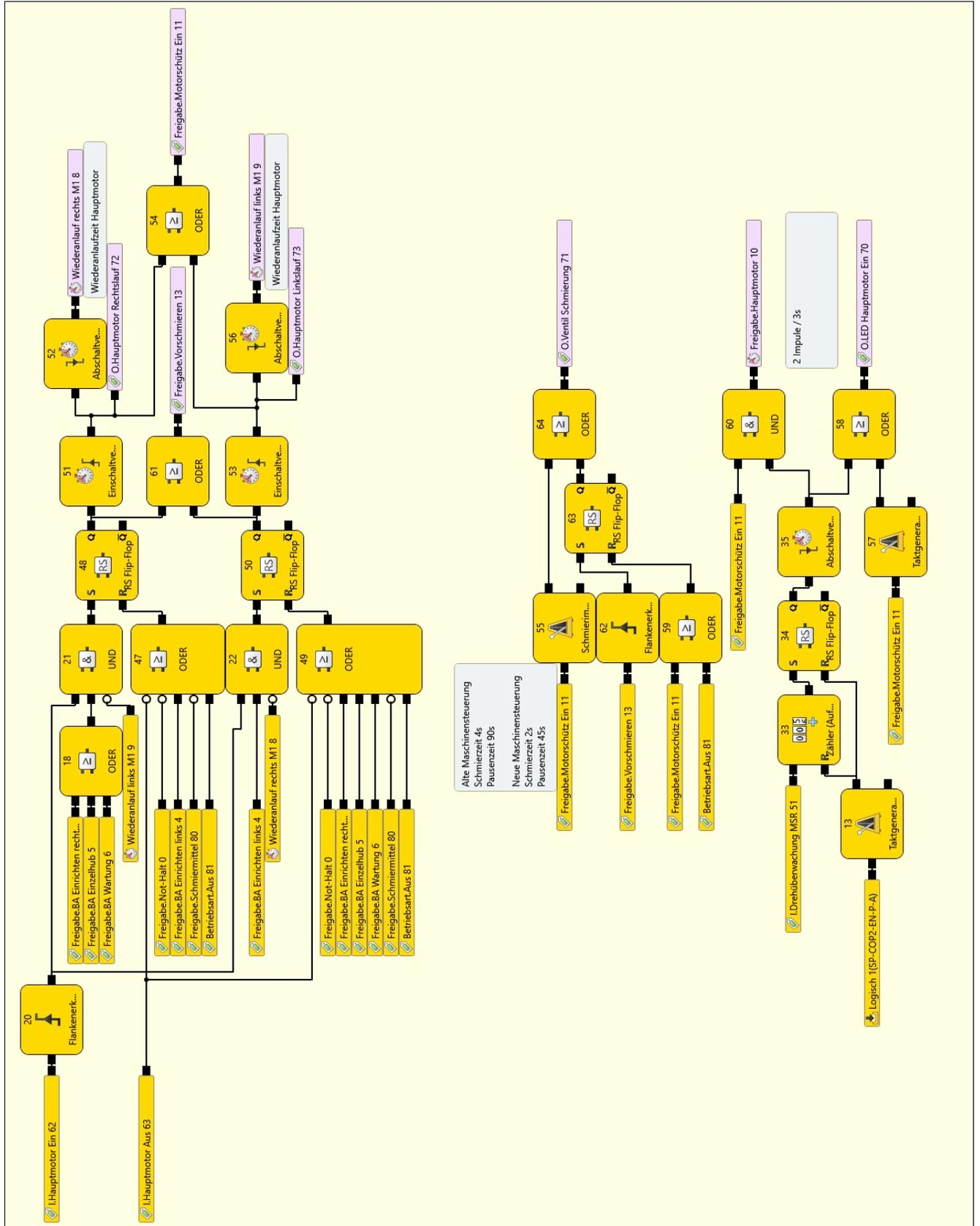
Anlage 7: Auszug der samosPlan6 Dokumentation

3.7.5.33 Diagramm



Anlage 7: Auszug der samosPlan6 Dokumentation

3.7.7.27 Diagramm



Anlage 7: Auszug der samosPlan6 Dokumentation

3.7.10.7 Diagramm

